L'USINENOUVELLE

SÉRIE | GESTION INDUSTRIELLE

Yves Pimor
Michel Fender

LOGISTIQUE

Production • Distribution • Soutien

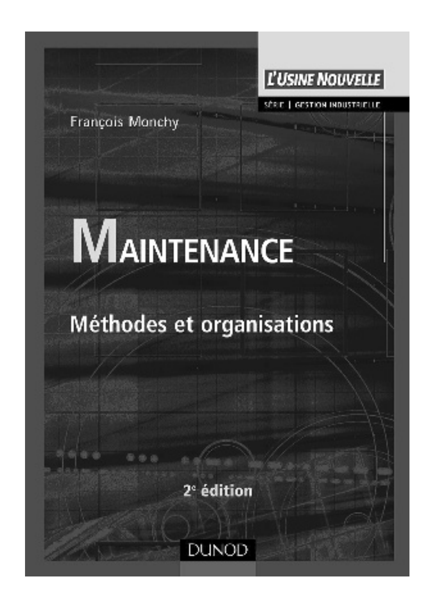
5e édition

DUNOD

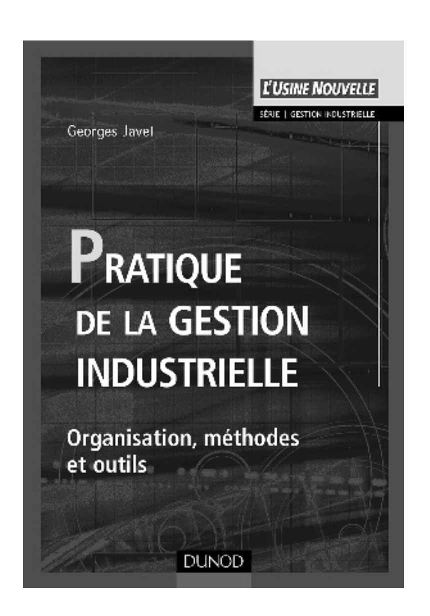
LOGISTIQUE

Production • Distribution • Soutien

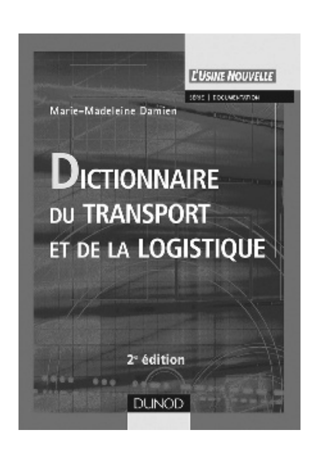
CHEZ LE MÊME ÉDITEUR



F. MONCHY
Maintenance : méthodes et organisations, 2e édition, 528 p.



G. JAVEL
Pratique de la gestion industrielle : organisation, méthodes et outils, 656 p.



M.-M. DAMIEN
Dictionnaire du transport et de la logistique, 2e édition, 552 p.



F. BLONDEL
Aide-mémoire de gestion industrielle, 2e édition, 552 p.

Yves Pimor
Michel Fender

LOGISTIQUE

Production • Distribution • Soutien

5e édition

L'USINENOUVELLE

DUNOD

ISBN 978-2-10-053561-3

Avant-propos à la cinquième édition

La cinquième édition de la Logistique de Yves Pimor, ouvrage de référence dans les publications en logistique, revêt un caractère très particulier et émouvant. J'ai rencontré Yves Pimor chez France Telecom dans le milieu des années 90 et nous avons tout de suite accroché car au-delà des valeurs humaines que nous avions vite identifiées comme communes et de notre goût pour la pédagogie, nous œuvrions pour une reconnaissance à sa juste valeur de la logistique au sein des entreprises et des organisations. De par nos expériences professionnelles et nos formations respectives, nous étions complémentaires et combinions des approches techniques et stratégiques, organisationnelles et fonctionnelles, tactiques et opérationnelles et ce, toujours avec une vision de montée en puissance de la fonction logistique.

Cette reconnaissance et ce respect mutuels étaient visibles dans l'édition précédente au niveau des références d'ouvrages citées par Yves Pimor dont je suis l'auteur pour la plupart avec mon compère et ami, Philippe-Pierre Dornier.

Il y a quelque temps, Yves, se sachant malade et eu égard à la qualité de notre relation, m'avait contacté pour me proposer de le rejoindre afin de préparer cette édition, toute nouvelle édition étant toujours un gros travail. Je le lui avais promis et ai rempli ma mission avec enthousiasme. Il n'est plus là au moment où je rédige ces quelques lignes d'avant-propos pour feuilleter cette cinquième édition et je suis heureux de lui avoir été fidèle dans la promesse que je lui avais faite.

Michel Fender

Table des matières

A

Historique et évolutions : de la logistique au concept de *supply chain*

B

Logistique des flux et des stocks

C

Logistique de soutien

D

Logistique, organisation, informatique et stratégie de l'entreprise

Introduction

Cette cinquième édition s'inscrit dans la continuité de la précédente. Nous avons conservé le terme « Logistique » dans son titre car il nous semble définitivement approprié aux champs de savoir et de pratiques que nous couvrons dans cet ouvrage.

L'originalité de notre approche réside selon nous dans l'étroite association des opérations logistiques et des problématiques stratégiques au sein des chaînes de valeur logistiques. C'est ce qui nous a toujours passionné : faire prendre conscience aux comités de direction des entreprises et aussi, dans le cadre de formations, aux professionnels qu'ils appartiennent ou non à la communauté métier des logisticiens des enjeux logistiques en combinant une double légitimité business et technique. Il est illusoire de penser formuler une stratégie logistique moyen ou long terme sans avoir une connaissance métier approfondi des techniques et des technologies propres aux activités logistiques. La prise en compte du terrain au niveau des opérations et des acteurs humains est primordiale. Cette nouvelle édition propose un équilibre plus marqué entre prise en compte des connaissances académiques et des pratiques des entreprises, entre maîtrise des solutions techniques et vision stratégique de la logistique, entre acteurs et fonctions amont et aval.

Gardons en mémoire que la performance logistique doit autant aux professionnels de la logistique qu'aux fonctions qui interagissent avec elle à savoir le développement des nouveaux produits, les ventes, les achats et la production. C'est pourquoi de manière ambitieuse mais réaliste, ce livre se veut un levier de compréhension de certaines briques techniques logistiques mais aussi et surtout un passeport pour comprendre les collaborations que doivent entretenir entre elles les fonctions clés génératrices de valeur. Cette idée fondamentale de la coopération s'y trouve renforcée.

La structure de l'ouvrage est inchangée et s'appuie fondamentalement sur une approche *bottom-up* qui consiste à expliciter et à analyser les briques fonctionnelles et opérationnelles constitutives de toute chaîne logistique. Après une première partie dédiée à définir les enjeux, l'objet et le périmètre des logistiques et à révéler les évolutions clés qui ont marqué son histoire, nous passons en revue dans une seconde partie les fonctions et les moyens dont la logistique a la responsabilité. C'est dans cette partie que sont abordés le pilotage des flux, la gestion des stocks, les prévisions de la demande, le *supply chain planning*, le transport et les infrastructures logistiques mais aussi la distribution. Nous dédions une partie à la logistique des systèmes complexes et au soutien logistique qui constitue certes un champ à part mais renseigne sur des solutions innovantes et utiles à la logistique des flux. La certification et la normalisation sont des exemples de passerelles entre ces deux mondes logistiques. Nous traitons enfin dans une quatrième et dernière partie les questions de la planification stratégique qui encore une fois ne peut se raisonner sans

une référence aux solutions techniques, de l'organisation logistique, des systèmes d'information associés et des projets logistiques. Ceux-ci comportent des spécificités qu'il est important de prendre en compte pour s'assurer du succès de la mise en œuvre des nouvelles solutions.

La capacité de prendre connaissance du contenu selon les centres d'intérêt, les compétences, le profil professionnel ou les besoins du lecteur a été conservée. Il est possible d'entrer dans l'ouvrage de manière indépendante, chaque chapitre jouant le rôle de porte d'accès à la connaissance et au savoir-faire logistique. La logistique est systémique et pour comprendre le jeu de ses rouages interactifs, en avoir une lecture modulaire est une bonne approche. Nous souhaitons que cette pédagogie soit soutenue par la lecture de ce livre.

A

Historique et évolutions : de la logistique au concept de *supply chain*

1 • LOGISTIQUE ET *SUPPLY CHAIN*

Il existe de multiples définitions de la logistique et il en est de même de la *supply chain* (en français « chaîne d'approvisionnement » ou « chaîne logistique[1] », mais les logisticiens préfèrent utiliser l'expression américaine). Il est impossible actuellement d'en donner une définition acceptée par tous et dans tous les pays ; aussi est-il préférable d'en examiner les divers sens.

La logistique désigne soit un domaine technique tel que celui dont on trouvera ici une analyse, soit un certain nombre de fonctions que l'on trouve dans les entreprises, armées, administrations, etc. Bien entendu, même s'il existe une plage commune de recouvrement, les fonctions regroupées sous le nom de logistique changent d'une entreprise à l'autre et le domaine technique couvert par le mot « logistique » est différent dans chaque ouvrage ou programme universitaire.

Au niveau universitaire, il est possible d'identifier plusieurs courants au sein du champ logistique dont il faut reconnaître a priori les difficultés de délimitation de champ. Ces courants sont essentiellement de deux natures :

– Le poids de la recherche opérationnelle, le recours aux modèles économiques appliqués en particulier au processus d'optimisation des transports. Ce courant est particulièrement bien représenté par les écoles d'ingénieurs et les universités américains telles que le MIT ;

– La prise en compte de la dimension marketing qui identifie la logistique comme un levier complémentaire au traditionnel marketing mix et qui applique les notions de fonction d'utilité pour le consommateur, celle du service ajouté aux produits et qui se focalise souvent sur les problèmes de logistique de distribution. Ce sont plutôt les écoles de management, de gestion et les business schools telles que la Michigan University, Cranfield et en France l'Essec qui fût sans aucun doute précurseur en la matière.

Enfin dans cette première approche introductive, il faut reconnaître un écart entre le monde anglo-saxon très pragmatique centré sur les opérations, les systèmes d'information et le recours systématique aux « metrics » et le monde européen qui s'interroge sur la place de la logistique au sein des organisations et sa contribution aux enjeux business. L'intégration et la combinaison de ces deux approches constituent un must qui donne un avantage concurrentiel aux entreprises qui réussissent cette fusion.

En ce qui concerne l'expression *supply chain*, on peut distinguer l'expression *supply chain* qui désigne le domaine technique et celle « management de la

1. La norme française NF X 50-600 préconise l'expression « chaîne logistique » qui reste cependant peu utilisée.

supply chain » qui désigne la fonction. En France, le terme « logistique » recouvre assez souvent le terme *supply chain* et les universités enseignent le plus souvent, mais pas toujours, le management de la *supply chain* à l'intérieur de programmes de logistique entendue dans un sens très large. Aux États-Unis, les deux expressions sont distinguées et le management de la *supply chain* est plus souvent enseigné à l'intérieur de programmes relatifs aux *operations* ou à l'*industrial management* alors que l'enseignement de la logistique renvoie plutôt au transport et au magasinage. Avec beaucoup d'universitaires français et quelques-uns nord-américains, il nous paraît préférable de rassembler ces deux aspects sous le même nom de « logistique » et nous verrons qu'il y a bien des raisons de le faire. Nous restons donc attachés au terme logistique.

1.1 Définitions des logistiques

La logistique recouvre toujours des fonctions de transport, stockage et manutention et, dans les entreprises de production, tend à étendre son domaine en amont vers l'achat et l'approvisionnement, en aval vers la gestion commerciale et la distribution. On cite souvent la définition d'origine militaire : « La logistique consiste à apporter ce qu'il faut, là où il faut et quand il faut. »

On peut cependant distinguer plusieurs logistiques différentes par leur objet et leurs méthodes :

– **une logistique d'approvisionnement** qui permet d'amener dans les usines les produits de base, composants et sous-ensembles nécessaires à la production ;

– **une logistique d'approvisionnement général** qui permet d'apporter à des entreprises de service ou des administrations les produits divers dont elles ont besoin pour leur activité (fournitures de bureau par exemple) ;

– **une logistique de production** qui consiste à apporter au pied des lignes de production les matériaux et composants nécessaires à la production et à planifier la production ; cette logistique tend à absorber la gestion de production tout entière ;

– **une logistique de distribution**, celle des distributeurs, qui consiste à apporter au consommateur final, soit dans les grandes surfaces commerciales, soit chez lui en VAD par exemple, les produits dont il a besoin ;

– **une logistique militaire** qui vise à transporter sur un théâtre d'opération les forces et tout ce qui est nécessaire à leur mise en œuvre opérationnelle et leur soutien ;

– **une logistique de soutien**, née chez les militaires mais étendue à d'autres secteurs, aéronautique, énergie, industrie, etc., qui consiste à organiser tout ce qui est nécessaire pour maintenir en opération un système complexe, y compris à travers des activités de maintenance ;

– **une activité dite de service après vente** assez proche de la logistique de soutien avec cette différence qu'elle est exercée dans un cadre marchand par celui qui a vendu un bien ; on utilise assez souvent l'expression « management de services » pour désigner le pilotage de cette activité ; on notera cependant que cette forme de logistique de soutien tend de plus en plus souvent à être

exercée par des spécialistes du soutien différents du fabricant et de l'utilisateur et dits *Third Party Maintenance* ;

– **des *reverse logistics***, parfois traduites en français par « logistique à l'envers », « rétro-logistique » ou encore « logistique des retours », qui consiste à reprendre des produits dont le client ne veut pas ou qu'il veut faire réparer, ou encore à traiter des déchets industriels, emballages, produits inutilisables depuis les épaves de voiture jusqu'aux toners d'imprimantes.

Une distinction commode est celle que l'on fait souvent entre les logistiques de flux, production et distribution d'une part, et les logistiques de soutien d'autre part. Ces deux catégories de logistique ont en effet des caractéristiques assez différentes, les premières étant plus liées aux techniques de gestion de la production et aux techniques de marketing et de ventes, les deuxièmes étant plus liées à des méthodes de maintenance et de gestion de rechanges, particulièrement développées dans le domaine militaire ou dans celui de la maintenance des équipements techniques.

Il y avait donc bien des logistiques différentes jusqu'à ce que le concept de *supply chain* ne vienne apporter une certaine unité en ce domaine.

1.2 Le paradigme de la *supply chain*

1.2.1 Le concept de *supply chain*

C'est un concept relativement récent – une quinzaine d'années – même si les militaires utilisent la même expression depuis beaucoup plus longtemps. Il décrit des activités et les fonctions de management de ces activités. On pourrait le traduire par « chaîne d'approvisionnement », mais le mot « approvisionnement » ne permettrait pas d'exprimer le sens que l'on veut donner à *supply chain* et il est préférable d'utiliser l'expression américaine pour décrire ce concept nouveau[1]. On a vu qu'aux États-Unis, ce concept positionne des enseignements que l'on regroupe plus volontiers en France sous le terme de « logistique ». Mais c'est aussi un « concept moteur » en ce sens qu'il véhicule une certaine conception de l'organisation et du management des entreprises et qu'à cet égard il est loin d'être neutre. Ceux qui l'utilisent cherchent à promouvoir, soit la vente d'outils tels des progiciels, soit la vente de conseils pour accéder à certaines formes de management, soit une certaine dimension du management dans leur propre entreprise, ou parfois même une certaine conception de l'économie qui mérite réflexion.

On définit assez souvent la *supply chain* comme « la suite des étapes de production et distribution d'un produit depuis les fournisseurs des fournisseurs du producteur jusqu'aux clients de ses clients » (définition du *Supply Chain Council*). La figure 1.1 est assez caractéristique de ce qu'était autrefois la chaîne des intervenants nécessaires dans la distribution classique pour amener un produit jusqu'au consommateur final.

---

1. On pourrait aussi bien parler, comme le fait remarquer Nathalie Fabbe-Costes, de *demand chain* puisque c'est désormais la demande qui en principe tire la *supply chain* (Fabbe-Costes N., Le pilotage des *supply chains* : un défi pour les systèmes d'information et de communication logistiques, *Gestion 2000*, vol. 19, n° 1, 2002, pp. 75-92).

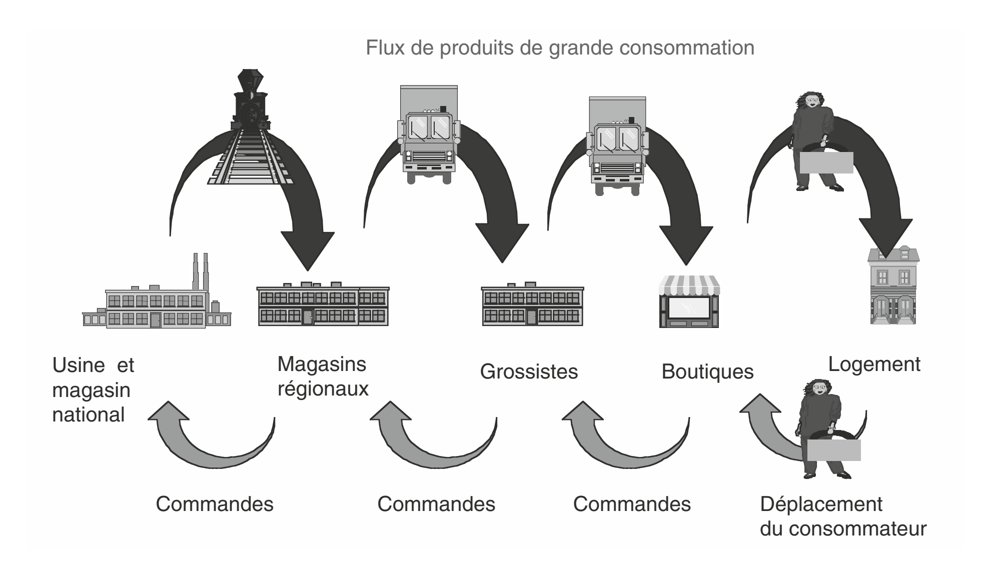


Figure 1.1 – La distribution historique.

Les nouvelles organisations de la distribution, par exemple celles de la grande distribution moderne ou, plus récemment, celles qui sont liées à Internet, réalisent de nouvelles chaînes d'approvisionnement sensiblement différentes des chaînes précédentes.

Une *supply chain* est donc la chaîne de tous les intervenants de toutes les entreprises qui contribuent à apporter un produit :

– à des consommateurs ; on parle alors de *business to consumers* (en abrégé B to C ou encore B2C) ;

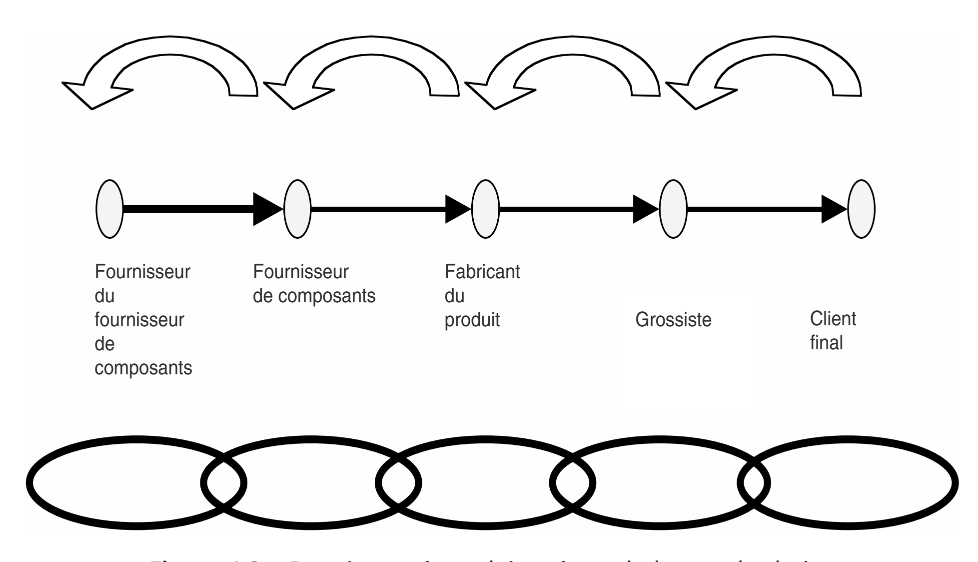


Figure 1.2 – Représentation schématique de la *supply chain*.

– à des entreprises utilisatrices pour produire d'autres biens ou les consommer et l'on parle alors de *business to business* (en abrégé B to B ou encore B2B).

Elle se représente couramment par le dessin proposé figure 1.2 : les flèches noires représentent les produits et les flèches blanches représentent les informations qui, le plus souvent, remontent la chaîne, par exemple des commandes successives.

Flux physiques, flux d'information mais aussi flux financiers rythment l'écoulement d'une chaîne logistique à laquelle se greffent des questions de nature juridique relatives en particulier au transfert de propriété des marchandises et de responsabilité.

Une chaîne logistique se définit par conséquent comme une succession d'opérations et d'interopérations. Les premières sont souvent génératrices de valeur alors que les secondes sont communément associées à des coûts et des pertes de temps. Un enjeu consistera comme nous le verrons ultérieurement en détail à éliminer les opérations à non valeur ajoutée dans des approches du type *Lean Supply Chain Management* et à beaucoup mieux combiner les opérations et les interopérations ce qui conduira à une grande proximité entre sites industriels et sites logistiques voire à leur confusion au sens physique du terme.

Une approche modulaire de conception des produits, des processus de production et des processus *Supply Chain* permet de mettre en œuvre une telle démarche.

1.2.2 Modularité de la chaîne

La chaîne elle-même peut être développée autant qu'on le désire. Ainsi le maillon qui représente sur la figure 1.2. le fabricant du produit peut être considéré lui-même comme une chaîne constituée de différents maillons avec, par exemple :

– le magasin de réception des composants ;

– le 1er atelier de transformation du produit ;

– le 2e atelier ;

– l'atelier de conditionnement ;

– le magasin de produits finis de l'usine ;

– les magasins régionaux du fabricant, etc.

1.2.3 Solidarité de toutes les entreprises et de tous les services de chaque entreprise qui participent à la *supply chain*

On dit que la résistance d'une chaîne est celle de son maillon le plus faible ; pour la *supply chain* cela peut se vérifier de bien des façons :

– si un fabricant de carte électronique ne reçoit plus un composant qu'il fait fabriquer en Asie, ce fabricant ne peut plus produire, grossistes et détaillants ne peuvent plus vendre ;

– si le vendeur final n'assure pas la mise en service et l'après-vente dans des conditions convenables, c'est la marque tout entière qui subit le préjudice ;

– s'il y a un retard à la fabrication ou en transport entre deux participants, c'est tout le processus qui prend du retard et l'on verra que le temps de traversée de la *supply chain* en est une caractéristique essentielle.

1.2.4 Information et *supply chain*

À côté des flux de produits, le management de la *supply chain* demande de traiter des informations nombreuses qui pour une part importante d'entre elles remontent la *supply chain* en sens inverse des produits : commandes des distributeurs, ordres de fabrication, commandes de produits de base et composants, prévisions de besoins, etc. D'autres informations précèdent ou accompagnent les marchandises : avis d'expédition, bons de livraisons, lettres de voiture, etc. Ces flux d'informations alimentent des bases de données, véritables stocks d'informations logistiques : fichier produit, historique des ventes, état des stocks, etc. La notion de *supply chain* n'a finalement émergé qu'à travers les développements d'une informatique dite de *supply chain* qui a permis d'intégrer toutes les applications relatives aux flux et stocks de produits.

Si, par exemple, une nouvelle mode se développe pour des vêtements de couleur rose, les demandes des clientes vont se manifester dans les boutiques qui vont commander à leurs propres fournisseurs, des grossistes, qui vont à leur tour commander au fabricant qui va commander du tissu rose à une entreprise qui va constater cette augmentation de la demande de ces articles lorsque la couleur rose sera démodée ou presque… On peut songer à modifier la fabrication en commandant du tissu blanc et en ne le teignant que dans l'entrepôt du distributeur juste avant la livraison aux boutiques. C'est ce qu'on appelle du *post-manufacturing*. On peut aussi transmettre tous les soirs les résultats des ventes dans les boutiques de la « chaîne » à une base de données informatique à laquelle tous les participants auront accès en permanence selon la figure 1.3.

Évidemment ce n'est pas très facile à réaliser lorsqu'il s'agit d'entreprises différentes qui participent à la *supply chain* : les relations entre un fabricant et un distributeur peuvent être cordiales malgré des intérêts divergents mais de là à ce que le distributeur fournisse ses informations au fabricant ou aux fournis-

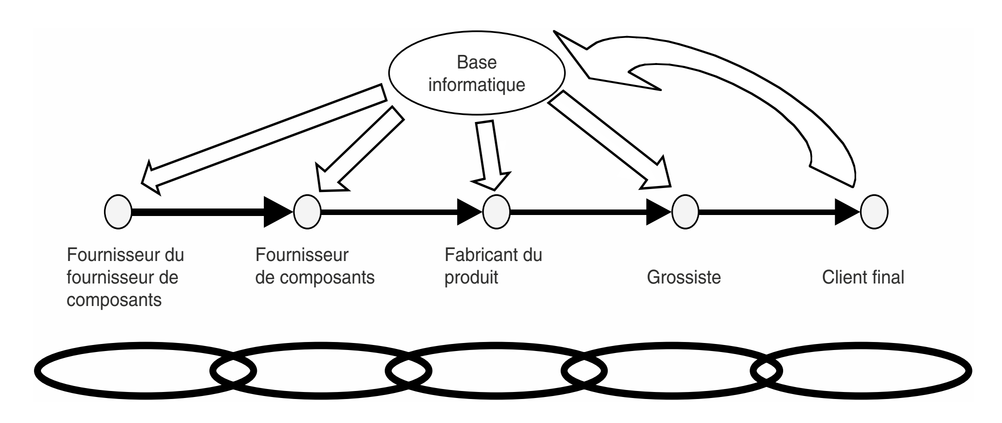


Figure 1.3 – La base de données informatique de la *supply chain.*

seurs du fabricant, il reste un certain nombre de problèmes à résoudre que l'on examinera à travers l'ECR, par exemple.

On peut donc définir le management de la *supply chain* comme le pilotage de ses flux et la gestion de ses stocks à travers une gestion informatique de l'ensemble des informations nées de la chaîne, aux fins d'obtenir un niveau de performance désiré à coût minimum.

On distinguera cependant deux types de *supply chain* du point de vue du traitement de l'information :

– celle qui traite seulement les informations d'une entreprise ;

– celle qui traite l'ensemble des informations des diverses entreprises qui participent à la même chaîne, soit qu'une entreprise unique centralise toutes les informations (entreprise étendue), soit que plusieurs entreprises conviennent d'échanger des informations (échange de données informatisées et *Efficient Consumer Response*).

1.2.5 Le paradigme de la *supply chain* et le management

La *supply chain* n'est donc pas un concept neutre, strictement descriptif. C'est un concept moteur qui joue le rôle d'un paradigme – au sens de Kuhn –, c'est-à-dire d'une représentation implicite qui contribue à orienter les efforts des logisticiens.

On peut à cet égard souligner quelques traits de la *supply chain* telle qu'elle est présentée le plus souvent.

■ La vitesse de circulation des produits dans la *supply chain*, mesure de son efficacité

On peut remarquer que le concept de *supply chain* est né dans le sillage d'un autre concept qui en est proche : le juste-à-temps. C'est en s'efforçant de mesurer les vitesses de circulation des matières au sein de l'entreprise de production que l'on a constaté tout d'abord le rôle des stocks et des en-cours. Des délais de plusieurs mois entre l'entrée d'un composant dans l'usine et sa sortie, intégré à un produit fini, manifestaient une source de gains possibles en réduisant les stocks et en pilotant mieux les flux. Ce n'était cependant pas tant le coût financier de ces stocks qui était en cause. Si un fabricant a en moyenne trois mois de stock de composants ou matières premières, quinze jours d'en-cours et un mois et demi de stocks moyens de produits finis entre son magasin d'usine et ses entrepôts régionaux, cela signifie qu'un composant mettra cinq mois pour traverser la *supply chain* du fabricant : or dans certains domaines, comme la fabrication de micro-ordinateurs, la durée de vie en production est de l'ordre de six mois. Une telle situation n'est plus acceptable. L'objectif global en mettant sous tension le flux est la recherche d'une nouvelle rapidité d'adaptation aux évolutions techniques et de marché, une « agilité » au sein de l'entreprise, mesurée au moins en partie par un temps de parcours de la *supply chain* tout entière aussi bien chez les fournisseurs du fabricant que dans les circuits de distribution.

■ Le concept de *supply chain* est porteur de changements d'organisation au sein des entreprises

On s'est donc attaché progressivement à piloter les flux de matières et de produits au sein de l'entreprise, et de nouveaux besoins de coordination entre

directions et services en sont résultés. En ce qui concerne l'organisation de l'entreprise de production, cela s'est traduit de façon très différente selon les entreprises, depuis des directions logistiques en charge du pilotage de l'ensemble des flux jusqu'à des coordinations plus subtiles à travers des organigrammes à plusieurs dimensions.

Les entreprises françaises ont d'ailleurs souvent plus de difficultés que leurs homologues anglo-saxonnes à s'adapter à ce pilotage transverse. Elles étaient en effet souvent organisées selon un modèle hiérarchique strict où chaque direction et service conservait l'ensemble des fonctions relatives au transit des produits à travers leur organisation, chacune ayant son stock, ses moyens de manutention et de transport, ses plannings et ses règles de gestion avec un minimum de coordination transverse, et parfois pas du tout. On a parfois cru trouver de nouveaux modes de fonctionnement, mieux appropriés aux nouvelles conditions du marché et des techniques, à travers la mise en place de l'assurance qualité avec de multiples contrats entre directions et services. Parfois, on ne faisait ainsi que renforcer les rigidités.

On peut se demander en quoi cette prégnance hiérarchique peut bloquer le développement de la *supply chain*. Il suffit pour cela de comparer une organisation militaire à une organisation industrielle (figure 1.4). Une armée en ligne de bataille ou qui tient un front est composée d'unités élémentaires alignées les unes à côté des autres ; les compagnies sont regroupées en bataillons, les bataillons en régiments et les régiments en corps d'armée avec chacun un poste de commandement et donc un échelon de transmission, ce qui permet de faire « remonter » très vite une information concernant le front en trois ou quatre étapes de transmission, filtrage et synthèse. Les ordres peuvent « descendre » aussi vite. L'ennemi, en face, est organisé de la même façon, et ses structures hiérarchiques sont tout à fait efficaces[1]. Chaque unité tient son secteur et rapporte à l'échelon immédiatement supérieur.

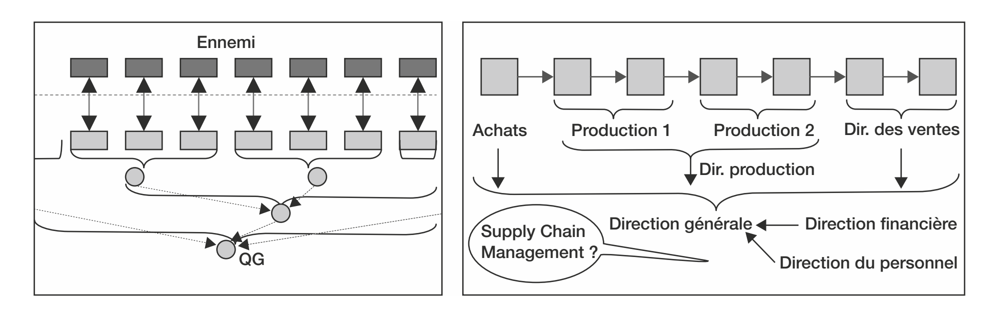


Figure 1.4 – Organisation militaire et organisation industrielle.

1. Tout cela est peut-être en train d'évoluer très vite, d'abord parce qu'il n'y a plus toujours de lignes de front, ensuite et surtout depuis que la numérisation de l'ensemble des informations et la connexion des réseaux permettent des organisations très différentes, dont l'armée américaine est le prototype avec une évolution très récente dont on n'a peut-être pas encore mesuré la portée stratégique et tactique, y compris en logistique.

Nous avons construit nos entreprises sur le même modèle et il est vrai qu'il présente des avantages : responsabilisation des cadres, gestion simplifiée du personnel, etc. Il a suffi d'attribuer à chaque direction ou service des indicateurs financiers et de juger chacun des responsables sur ses résultats pour en réaliser une modernisation apparente. Et pourtant cela ne peut pas marcher. La raison est simple : en face de chaque unité, il n'y a pas une unité de l'armée ennemie. Il n'y a rien. Chaque service reçoit ses informations et ses produits d'un service voisin et transmet les unes et les autres à un service voisin. Il n'y a rien de frontal : tout est transverse.

Comme l'aurait un jour déclaré le célèbre industriel japonais Matsushita à Hervé Serieyx, « Vos structures sont hiérarchiques mais le pire est que vos têtes le sont aussi… ». Il suffit pour s'en convaincre de relire ce qui a été longtemps le bréviaire des dirigeants issus des grands corps de l'État, le célèbre *Administration industrielle et générale* de Henri Fayol, qui décrit l'entreprise industrielle comme un arbre : « Au point de vue du développement, sur la jeune tige unique de l'arbre, prennent naissance des branches qui se ramifient et se couvrent de feuilles. Et la sève porte la vie dans toutes les branches et jusque dans les rameaux les plus ténus, comme l'ordre supérieur porte l'activité jusqu'aux extrémités les plus infimes et les plus lointaines du corps social » (Fayol, 1934). Il est très significatif que l'« ordre supérieur » porte l'activité jusqu'à ceux qui sont considérés comme les « extrémités les plus infimes du corps social », ce qui n'est guère encourageant pour eux. Ce sont cependant eux qui font avancer les produits tout au long de la *supply chain* et ce n'est pas l'ordre supérieur mais les appels des clients, les horaires des camions, les programmes de chaque machine, les messages d'EDI qui font avancer la production pour livrer sans retard, ce mal autrefois endémique des entreprises françaises.

On notera que cette approche transverse de l'entreprise est très voisine des méthodes de réingénierie par processus d'une part et des méthodes comptables ABC/ABM d'autre part qui ont des objectifs voisins. Ce rapprochement n'est pas fortuit et c'est une nouvelle forme de management qui s'esquisse ainsi au sein d'une discipline que l'on peut continuer à appeler « logistique » mais qui s'enrichira progressivement de ces différents aspects de management.

D'une part, l'expression *supply chain* n'a plus le sens d'une simple description des processus mais représente aussi l'ensemble des moyens concernés par ces processus ; d'autre part, les flux concernés ne sont plus seulement les flux de matières et marchandises mais aussi les flux d'information et financiers relatifs à ces flux de marchandises. Il en résulte que le pilotage de la *supply chain* n'est plus un simple ajustement des quantités et des plannings pour devenir une activité stratégique d'organisation du pilotage général de l'entreprise et de ses relations avec ses partenaires.

■ Les facteurs de développement de l'approche par la *supply chain*

Désormais tous les cours de management industriel en Amérique du Nord consacrent beaucoup de temps aux problèmes du management de la *supply chain*. De nouvelles formations à la logistique et au management de la *supply chain* se créent chaque année en France, non parfois sans une certaine ambiguïté sur leurs contenus. On pourrait se demander s'il s'agit là d'une nouvelle mode managériale comme on en a déjà connue, comme le juste-à-temps ou

la Qualité. On peut donc s'interroger légitimement sur ce qui explique le succès des concepts issus de la *supply chain* dans le management moderne.

Il y a tout d'abord le développement de l'intégration de l'informatique et des télécommunications à l'intérieur des entreprises (ERP et APS par exemple), et à l'extérieur (EDI, XML). Il est désormais possible de faire communiquer fichiers et applications et la tentation est grande de réaliser ce qui devient possible techniquement à des coûts acceptables. Il n'est que de lire des journaux spécialisés ou de participer à des manifestations d'information pour constater que les vendeurs de progiciels et ceux qui assistent les entreprises dans leur mise en place, les sociétés de conseil, jouent un rôle essentiel dans la promotion des concepts de la *supply chain*. On pourrait refaire l'historique des concepts de la *supply chain* en suivant le développement de nouveaux progiciels et des concepts qui vont avec : MRP, DRP, EDI par serveurs, SCM, ERP, Internet, etc. C'est d'ailleurs une des caractéristiques de notre époque industrielle qu'une grande partie de l'expérience du management industriel et général se diffuse à travers des progiciels, véritables accumulateurs d'expérience.

Il y a aussi le contexte des relations naturellement tendues entre producteurs et distributeurs pour le B2C et producteurs et fournisseurs pour le B2B. Il existe dans ces relations des trends de longue durée tels que la concentration progressive de la grande distribution. Le chapitre consacré à la logistique de la distribution s'efforce de montrer comment les relations logistiques entre les uns et les autres résultent de rapports de force qui évoluent avec le temps. Or le développement des nouvelles formes de collaboration entre entreprises qui accompagne la prise en compte des concepts de la *supply chain* n'est pas indépendant des évolutions de l'organisation économique générale. Ce n'est pas un hasard si les expériences les plus significatives de l'ECR ont été menées entre fabricants internationaux de produits « incontournables » et de grands distributeurs. Ce n'est pas non plus un hasard si les nouveaux rapports entre assembleurs et équipementiers se sont développés dans l'automobile dans un contexte particulier de concurrence exacerbée et d'évolution rapide des méthodes de management de la production.

Un dernier contexte intéresse plus le logisticien : c'est celui de l'évolution de la logistique elle-même. On pourrait penser que la logistique est une science ancienne aux méthodes bien analysées et diffusées. À notre avis, il n'en est rien. L'histoire de la logistique militaire, la plus ancienne, montre qu'elle a continué de balbutier jusqu'au milieu du xxe siècle. La logistique civile n'est pas beaucoup plus avancée. Sur le plan théorique, l'histoire de la logistique est celle d'une suite d'approximations successives aux bases logiques très incertaines, que l'on pense à la gestion des stocks ou à la tarification des transports… Quant à la pratique, l'expérience quotidienne montre que les expressions extatiques de satisfaction de nombreux managers logistiques quant à leurs résultats, ne correspondent pas souvent à la réalité du terrain et sont plus du domaine de la publicité d'image de firme. Nous avons cependant la chance de vivre une période de progrès rapide autant dans la recherche logistique encore balbutiante que dans les évolutions concrètes. Le concept de *supply chain* et, plus encore, celui de réseau à valeur ajoutée qui en est le développement plus logique, vont se révéler des outils essentiels d'analyse et d'organisation.

1.3 Flux de produits et réseaux à valeur ajoutée

Le concept de *supply chain*, aussi efficace soit-il sur le plan pratique, ne permet pas d'assurer une représentation pertinente des flux de marchandises :

– même s'il existe un seul fabricant d'un produit, il existe le plus souvent plusieurs distributeurs et chaque distributeur a plusieurs surfaces de vente si bien que la chaîne logistique est alors une arborescence ;

– il existe le plus souvent à partir d'une entreprise plusieurs circuits de distribution pour un même produit ou pour des produits différents : grande distribution, circuits classiques grossistes-détaillants, VPC, etc. Chacun de ces circuits représente une *supply chain* dont beaucoup d'éléments sont communs, par exemple ceux de production ; physiquement, l'entreprise peut livrer à partir de plusieurs entrepôts ; elle peut livrer tantôt un entrepôt ou une plate-forme de distributeur et tantôt une surface de vente directement, voire le consommateur directement en vente par correspondance ou à travers le e-commerce.

En réalité, la *supply chain* n'est pas une chaîne mais un graphe orienté dont chaque arête représente un flux, c'est-à-dire un déplacement de produit, et chaque sommet une étape entre plusieurs flux et, éventuellement, un stockage. On distinguera donc par la suite deux sortes de sommets :

– les entrepôts, points d'accumulation de produits où ceux-ci sont stockés en plus ou moins grande quantité et pour une durée plus ou moins longue ;

– les plates-formes, dites parfois plates-formes de transit, où les produits ne sont pas stockés mais passent seulement pour aller d'un flux à un autre avec parfois un simple transit et parfois un regroupement ; l'on parle alors de *cross-docking*.

Il existe bien entendu toutes les situations intermédiaires et il peut arriver que la durée de séjour d'une marchandise en entrepôt ne soit que de quelques jours ou quelques heures si celui-ci est géré en juste-à-temps alors que sur une plate-forme de distributeur par exemple, il peut y avoir en permanence quelques jours de consommation.

Aussi est-il préférable d'analyser l'ensemble de ces circuits sous forme de réseaux et, depuis quelque temps, a-t-on tendance à parler de « réseaux à valeur ajoutée » par référence à la valeur qu'apporte au produit le passage par chaque point du réseau.

On verra d'ailleurs que les méthodes d'analyse de *supply chain* les représentent le plus souvent sous forme de réseaux. D'autre part, le développement des « entreprises virtuelles » conduit à prendre de plus en plus en considération des réseaux d'entreprise et cette approche tend à se renforcer à travers le développement des réseaux d'entreprise internet qu'il s'agisse par exemple des « places de marché » du B2B, ou des « galeries marchandes » ou *Fourth Party Logistics* du B2C. Certaines définitions de la *supply chain* ne retiennent plus que cet aspect. Ainsi Lisa M. Ellram (citée par Halley, 2000) définit la *supply chain* comme « un réseau d'entreprises en interaction dont l'objectif est de livrer un produit ou un service à l'utilisateur final, en intégrant les flux à partir des matières premières jusqu'à la livraison du produit fini ». L'accent n'est plus mis sur l'entreprise, ses fournisseurs et ses clients mais sur un réseau d'entreprises.

C'est donc à partir de ces concepts que nous nous efforcerons de présenter la façon dont on peut le mieux analyser et piloter des flux logistiques, même si nous continuerons d'utiliser l'expression *supply chain* en l'entendant dans ce sens étendu d'un réseau.

1.3.1 Principe

Il est possible de représenter l'économie tout entière en termes de flux. Il y a d'abord des flux de matières premières et produits de toutes sortes qui vont des champs ou des mines, puits de pétrole, mers, etc., vers des usines, puis d'usines en usines, passant par des entrepôts à travers des moyens de transport et de manutention tels que wagons, camions, chariots élévateurs, etc. ; à l'intérieur des usines, les produits sont modifiés et assemblés et les produits finis vont ensuite d'entrepôts d'usines en entrepôts ou plates-formes de distributeurs jusqu'aux grandes surfaces elles-mêmes ; le flux ne s'arrête pas là car les consommateurs eux-mêmes jouent un rôle en prélevant ce dont ils ont besoin dans les rayons des supermarchés, poussant leurs caddies jusqu'aux caisses puis jusqu'à leur véhicule pour ensuite les transporter jusque chez eux.

À côté de ces flux de produits, circulent, parfois en sens inverse, des flux d'informations sur papier ou à travers les réseaux de télécommunication : commandes, factures, avis de livraison, feuilles de routes des camions, flux monétaires, etc.

On peut représenter chaque flux élémentaire par une flèche qui indique son sens, ce qu'un mathématicien appellerait un « arc » sur un « graphe » ; aux points de rencontre de plusieurs arcs se trouve ce qu'on appelle un « sommet » ou un « nœud » avec des flèches qui entrent et des flèches qui sortent. Chacun de ces nœuds peut être un entrepôt où entrent et d'où sortent des produits ou une usine ou un hypermarché, etc.

L'ensemble de ces flux constitue un immense réseau qui couvre le monde entier.

Voici un extrait d'une représentation très simple d'un ensemble d'entreprises avec des distributeurs (ronds) et des producteurs (carrés) du domaine agroalimentaire (figure 1.5). Ce graphique ne prétend pas représenter la géographie mais seulement les flux entre entreprises, chaque flèche indique un flux de marchandises.

Cet extrait de représentation est très simple si l'on considère qu'une GMS (grande et moyenne surface de vente) peut avoir des centaines de fournisseurs et qu'on n'a pas représenté les clients finaux… D'autre part, on s'est limité à représenter des flux de produits mais ces flux de produits ne sont rendus possibles que grâce à des flux d'informations (propositions, contrats, commandes, bordereaux de livraison, lettres de voiture, etc.) dont la représentation serait encore beaucoup plus complexe, et il faudrait encore y rajouter les flux de monnaie, scripturale le plus souvent, avec les intermédiaires obligés que sont les banquiers. La vie économique est un tissu capillaire d'une extrême complexité. Compte tenu de cette complexité des circuits économiques, pour procéder à une analyse logistique on est obligé de simplifier en ne retenant qu'une petite partie de la réalité.

On peut pour simplifier, ne représenter qu'une seule entreprise de production avec son fournisseur et ses clients en éliminant tout le reste (figure 1.6).

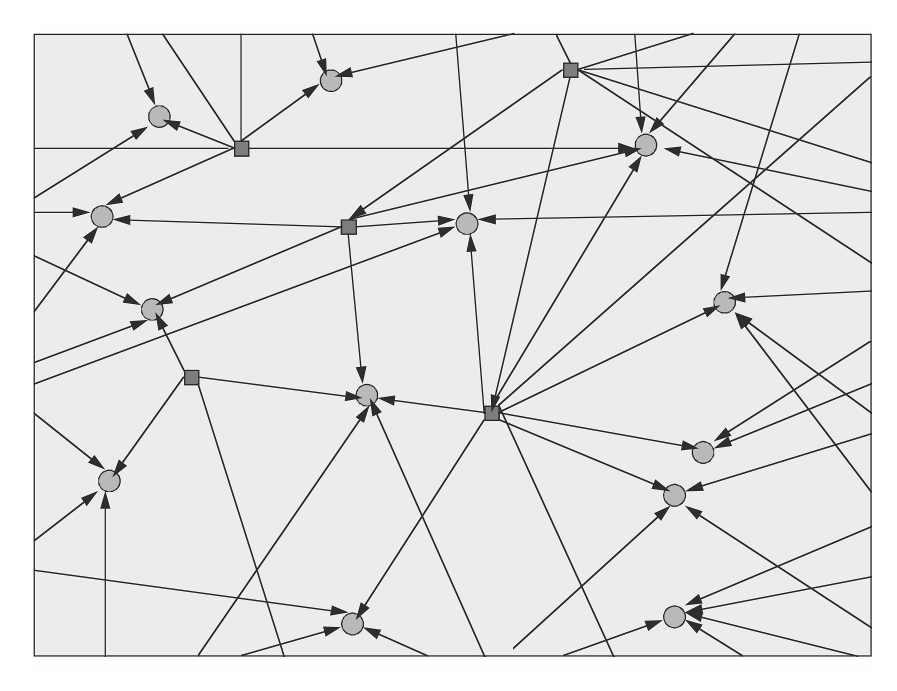


Figure 1.5 – Flux de marchandises dans un réseau d'entreprises du domaine agroalimentaire.

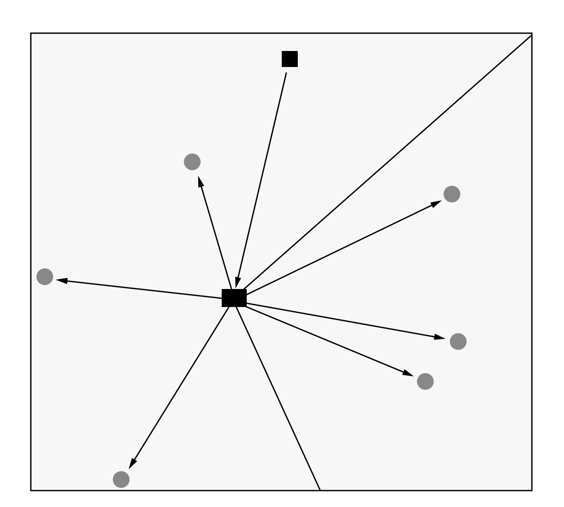


Figure 1.6 – Flux de marchandises, d'informations et de monnaie entre une entreprise de production, ses fournisseurs et ses clients.

Pour obtenir une représentation plus significative d'un point de vue logistique, il est cependant nécessaire d'affiner la représentation. La figure 1.7 représente, par exemple, des flux de marchandises provenant de deux producteurs et allant vers les surfaces de vente d'un distributeur à travers la plate-forme régionale

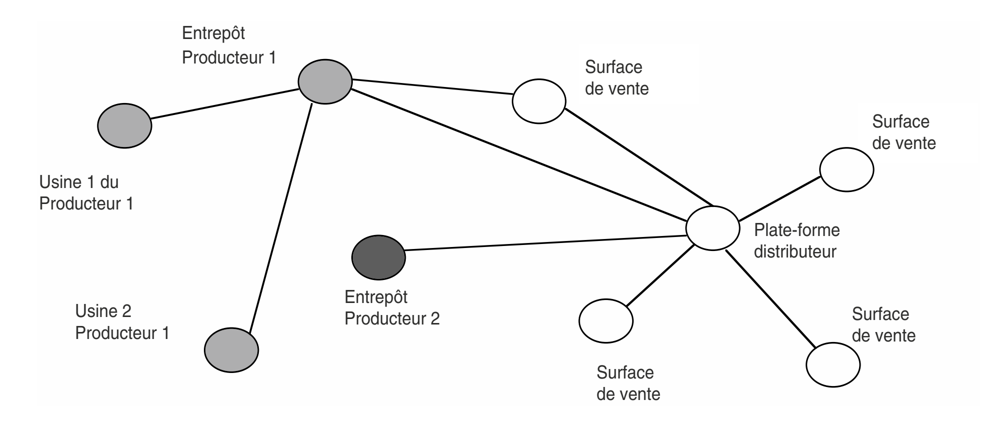


Figure 1.7 – Flux de marchandises entre deux producteurs et des surfaces de vente *via* une plate-forme distributeur.

du distributeur. Les productions de deux usines différentes d'un des producteurs sont regroupées dans un entrepôt à partir duquel se font les expéditions vers les distributeurs. On remarquera qu'une des surfaces de vente est livrée tantôt par la plate-forme du distributeur, tantôt directement par un des producteurs dont l'entrepôt est proche de cette surface. Bien entendu, ce schéma ne représente qu'une toute petite partie des flux réels d'un grand distributeur qui dispose de nombreux entrepôts régionaux, éventuellement de ses propres entrepôts nationaux ou internationaux, et qui est approvisionné par des milliers de fournisseurs avec leurs entrepôts d'usine, entrepôts de regroupement, plates-formes de leurs transporteurs, etc. On pourrait représenter des flèches partant de chaque plate-forme de vente et symbolisant les transports assurés par les clients qui emmènent leurs emplettes chez eux dans leurs propres voitures. On pourrait aussi bien représenter les flux des fournisseurs des usines qui leur livrent les matières premières et les composants nécessaires.

On a distingué jusqu'à présent « plates-formes » où transitent les marchandises et où il n'y a pas normalement de stocks et « entrepôts » où l'on gère les stocks. Cette distinction est pertinente mais si l'on se place dans une optique de flux, il suffit que le débit des entrées de marchandises soit supérieur au débit des sorties sur un des nœuds du réseau quel qu'il soit, pour que la marchandise s'accumule en ce nœud et que l'on ait alors ce qu'on appelle un stock jusqu'à ce que ce stock ait été écoulé. Cela arrive sur les plates-formes où les marchandises s'accumulent parfois plus qu'on ne le voudrait à la suite d'une erreur quelconque. On peut donc considérer qu'il existe à chaque nœud de graphe un stock réel (entrepôt) ou virtuel (plate-forme), ce dernier étant un stock que l'on s'efforce de maintenir à un niveau minimum de quelques heures ou quelques jours.

1.3.2 Hétérogénéité des produits

Le principe de *supply chain* considère que les produits s'écoulent tout au long de la *supply chain* « depuis les fournisseurs des fournisseurs jusqu'aux clients

des clients ». Cependant ce ne sont pas exactement les mêmes produits qui s'écoulent dans les différents arcs du réseau.

Par exemple, les figures précédentes pourraient nous faire croire que toutes les flèches représentant le produit ont la même signification et traduisent un transfert géographique d'un même bien. D'abord ce n'est pas le cas pour une entreprise industrielle.

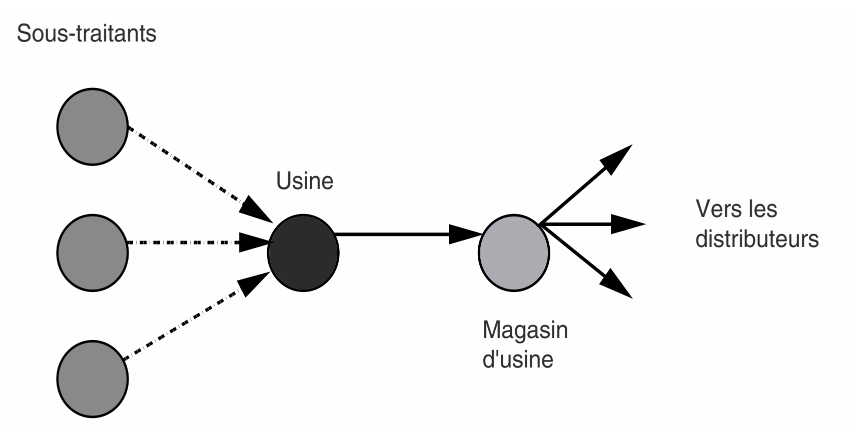


Figure 1.8 – Distinction des flux selon leur nature entre les intervenants de la chaîne.

Sur la figure 1.8, on a distingué des flèches noires et des flèches en pointillé. En effet, ce ne sont pas les mêmes produits dont le transit est représenté par ces flèches. Les flèches en pointillé correspondent à des envois de matières premières ou composants, tous divers. Les flèches noires correspondent à des biens fabriqués par l'usine et qui intègrent les différents composants sous une forme ou sous une autre. Certains composants peuvent ne pas apparaître dans le produit, par exemple l'électricité qui a servi à produire ces biens et qui a bien été envoyée à l'usine, à moins qu'elle n'ait ses propres générateurs mais dans ce cas, elle recevra du combustible. Les cercles ne désignent pas de simples stocks : le cercle qui représente l'usine représente des stocks multiples d'en-cours, des transferts d'un lieu à l'autre dans l'usine, des processus de fabrication, etc. Le cercle qui représente le magasin d'usine peut représenter non seulement un stockage avec tout son environnement de réception, préparation, expédition mais aussi des opérations de post-manufacturing : mise sous emballages spéciaux pour une promotion, adjonction de modes d'emploi en diverses langues, etc.

Il peut y avoir également des températures ambiantes différentes à maintenir dans la chaîne logistique et la solution de porteurs tri-température si elle représente une solution d'optimisation transport attractive génère en revanche une complexité qui ne pourra être appréhendée que par le recours au concept de familles logistiques. Cette approche permettra d'équilibrer les solutions en matière de systèmes partagés économes et de systèmes spécifiques répondant à des contraintes locales.

Même lorsqu'on représente des chaînes de distribution, il y a là encore des changements de produits. En effet, un premier producteur envoie par exemple à la plate-forme du distributeur des palettes de ses produits. Ces palettes ne sont pas logistiquement la même chose que les cartons ou même les articles individuels qui sont expédiés aux surfaces de vente après regroupement en *rolls* par exemple. Il faut donc se méfier un peu de ces schémas très généraux qui ne correspondent que très partiellement à la réalité du terrain.

1.3.3 Principe d'arborescence

Un autre aspect important de l'organisation des flux réside dans le principe de double arborescence.

L'ensemble des flux logistiques constitue au sein de la société tout entière une sorte de gigantesque graphe. Pour une production particulière cependant, on a vu que, comme sur la figure précédente, l'approvisionnement des matières premières et composants vers l'usine de production constituait une arborescence en remontant depuis l'usine vers les sous-traitants de 1er niveau puis de 2e niveau, etc. De l'autre côté de la *supply chain*, la production s'éclate sur des entrepôts nationaux puis régionaux du producteur ou des distributeurs puis entre toutes les surfaces de vente, avant d'être éclatée entre les millions de consommateurs qui vont chacun utiliser le produit. C'est encore une arborescence.

Ce schéma général d'une double ou même de multiples arborescences est un schéma universel. On le retrouve aussi bien dans un « arbre », le végétal, dont les racines constituent une première arborescence qui recueille les substances nutritives, le tronc qui permet de faire monter la sève, les branches maîtresses qui se décomposent progressivement en plus petites branches puis en rameaux et feuilles où se réalise la photosynthèse. On en retrouve une version différente avec les grands réseaux nécessaires aux agglomérations humaines. Ainsi un réseau de télécommunication est constitué de ce qu'on appelle la « boucle locale », multiples paires de fils, de cuivre le plus souvent, allant depuis chaque abonné jusqu'à un répartiteur ; puis les paires se regroupent dans des câbles progressivement de plus en plus gros pour relier les abonnés à des commutateurs ou des routeurs. Des câbles, le plus souvent en fibre optique à grandes capacités, relient les commutateurs et les routeurs et l'on obtient ainsi de multiples arborescences reliées entre elles par des canaux à grande capacité comme des sortes de rhizomes.

Chaque fois que l'on a une structure de transport de ce type, on constate que, comme pour toute structure hiérarchique, le nombre de branches croît de façon géométrique au fur et à mesure que l'on descend l'arborescence avec une conséquence importante :

– pour les artères de grande capacité qui relient entre elles les arborescences, les coûts de transport sont faibles pour chaque produit car ils sont partagés en un grand nombre de produits ;

– plus l'on se rapproche du consommateur final, plus le coût du transport augmente car les quantités transportées sur chaque trajet particulier sont de plus en plus petites et les transports de moins en moins fréquents : il en résulte un coût de distribution de plus en plus important. La conséquence en est que le coût du dernier kilomètre de la distribution, celui qui est supporté par le

consommateur final avec son propre véhicule ou son panier à provision, est le coût logistique le plus important.

De même qu'en télécommunication la boucle locale est la partie la plus coûteuse d'un réseau, de même en logistique de marchandises, la croissance géométrique des branches fait que le dernier kilomètre est la partie la plus coûteuse de la distribution et nous devrons tenir compte de ce phénomène en étudiant les grandes évolutions de la logistique de distribution sous la pression d'Internet et du e-business.

1.3.4 Le concept de valeur ajoutée

L'analyse de la valeur est une technique déjà ancienne puisqu'elle fut développée pendant la deuxième guerre mondiale par Larry D. Miles de General Electric. Il s'agissait alors d'étudier si dans les conditions du temps de guerre, on ne pouvait pas remplacer des composants d'un produit par d'autres moins rares ou moins coûteux. Par la suite, l'analyse de la valeur est devenue une technique classique de réduction des coûts qui consiste à examiner en détail tous les composants susceptibles d'être modifiés, standardisés ou fabriqués à moindre frais. On recommande généralement ce type d'analyse aux acheteurs qui doivent, pour un produit acheté en grande quantité :

– déterminer quelles sont les fonctions de ce produit ;

– chercher si certaines caractéristiques actuelles de ce produit ne sont pas indispensables ;

– se demander si les spécifications retenues ne sont pas trop élevées ;

– chercher des substituts moins onéreux ;

– voir si on ne peut pas standardiser ce produit pour l'utiliser dans un plus grand nombre de cas et donc réduire son prix de revient, d'acquisition et d'utilisation ;

– en définitive, remplacer ce produit par un autre qui remplira les mêmes fonctions à un moindre coût.

L'exemple classique est celui des bouchons de réservoir des automobiles réalisés en acier avec plusieurs composants et que l'on a souvent remplacés par une pièce en plastique beaucoup moins chère avec moins de composants. Dans l'absolu, on devrait pouvoir déterminer la valeur ajoutée par un composant à un produit et comparer son coût à cette valeur.

L'analyse de la valeur doit pouvoir s'appliquer à la chaîne logistique. Toute opération de la chaîne logistique doit apporter de la valeur et l'on doit en permanence rechercher si l'on ne peut pas obtenir la même valeur à un moindre coût. Par exemple, un transport permet au consommateur de disposer d'un produit fabriqué loin de là. Ce transport a un coût et l'on peut se demander si l'on n'a pas intérêt à réduire ce coût en produisant plus près du consommateur si le marché, les conditions de production et les coûts de transport des produits de base et composants permettent d'obtenir un résultat positif.

La difficulté est que l'on connaît le plus souvent les coûts de chacune des opérations – et encore pas toujours – mais qu'il est beaucoup plus difficile de déterminer la valeur ajoutée. C'est cependant une recherche indispensable, mais l'on doit prendre garde qu'une économie sur un maillon de la chaîne peut entraîner une augmentation sur un autre. Ceci n'est pas toujours défavorable.

Par exemple, le développement de la grande distribution a diminué de façon très importante les coûts des PGC (produits de grande consommation), mais elle oblige les consommateurs à se rendre avec leur propre véhicule dans les surfaces de vente, à réaliser le *picking*, puis le transport jusqu'à leur résidence (en passant par les caisses), ce qu'ils n'avaient pas à faire avec le système des épiceries de quartier. Cette contribution à l'amortissement de leur véhicule est un facteur psychologique important pour chacun d'entre eux. Une partie importante des développements très actuels de la logistique consiste à tenter de mesurer les économies possibles sur l'ensemble de la *supply chain* au prix d'une augmentation plus faible des coûts sur une partie de la chaîne. C'est un des objectifs de l'ECR qui suppose une collaboration entre tous les participants à la *supply chain* pour étudier ces améliorations possibles et bien entendu déterminer qui supportera les nouveaux coûts et qui profitera, et dans quelle mesure, des gains.

1.3.5 Les trois niveaux d'extension

On a vu le principe de modularité de la *supply chain* qui permet d'effectuer les analyses à différents niveaux. Il en est de même de n'importe quel réseau et l'on connaît bien les échelles en cartographie en fonction desquelles on représente avec plus ou moins de détail chaque élément d'un plan.

On a vu avec les problèmes de valeurs ajoutées et de coûts sur les différents maillons d'une chaîne que l'on ne pouvait étudier son économie sur une simple portion. Il est en effet évident que lorsqu'on étudie un phénomène, quel qu'il soit, sous l'angle des flux, on a tendance à étendre le champ de l'étude bien au-delà des objectifs initiaux. Les militaires ont découvert ce phénomène au XVIII[e] siècle lorsque les premiers théoriciens ont commencé à étudier l'art de la guerre comme une science des flux sur le terrain : flux de troupes, de vivres, de munitions, etc. Le caractère un peu abusif de la réduction de la stratégie à l'art du ravitaillement des troupes, et l'expérience nouvelle des campagnes napoléoniennes ont conduit D. H. von Bülow à faire évoluer ces analyses autour du concept de « bases », passant ainsi des flux aux stocks ce qui n'était d'ailleurs qu'un simple changement de point de vue, pour revenir ensuite avec le baron de Jomini, l'inventeur du mot « logistique », au concept de « lignes intérieures » qui, comme le lui reproche Clausewitz, n'est qu'une approche « géométrique » et non véritablement stratégique. L'important est que cette approche de l'art de la guerre à travers l'analyse des flux conduisait le nouveau concept de logistique à absorber stratégie et tactique. Il en est de même aujourd'hui dans les entreprises et il est donc important de bien voir à quel niveau on se situe à chaque phase d'analyse.

■ Le service fonctionnel

Il est possible de faire des zooms sur une partie du réseau. Là où une usine n'est représentée que par un nœud du graphe avec en entrée des composants et en sortie des produits finis, il est possible de représenter les différents magasins et lignes de production de l'usine avec leurs flux internes de matières premières, composants et en-cours. On pourrait de la même façon faire un zoom sur un supermarché pour montrer les divers rayons et arrières magasins, analyser les flux de produits des quais de déchargement aux arrières maga-

sins puis aux linéaires et enfin des linéaires aux caisses dans les caddies des clients et enfin aux parkings. Les spécialistes de la grande distribution analysent d'ailleurs aussi les flux de consommateurs à l'intérieur de la surface de vente pour les mesurer, les réorienter ou déterminer les emplacements optimaux des produits. On pourrait dire que la logistique est l'étude de tous ces flux, mais il faut prendre garde qu'un tel concept aurait tendance à absorber peu à peu toutes les activités humaines et toute l'économie, ce qui est un peu trop pour une discipline…

■ L'entreprise

L'entreprise est par définition un triple réseau de produits, d'informations et de monnaie. Les flux de monnaie sont retranscrits par la comptabilité ; les flux d'informations s'organisent de plus en plus à travers son système informatique, en outre de la communication orale toujours essentielle et des flux de « papiers » encore importants ; les flux de matières et de produits sont ce qu'ils sont, mais leur organisation n'avait peut-être pas donné lieu jusqu'à présent à une approche méthodique avec la même rigueur que les deux catégories précédentes. Les travaux de Forrester ont commencé à permettre la modélisation de ces différents types de flux et les techniques de gestion de production ont ouvert la voie aux approches intégrées actuelles. Il n'est cependant pas si simple de rationaliser les flux des produits au sein d'une même entreprise et c'est peut-être le premier acquis du concept de *supply chain* de faciliter une approche rationnelle de l'analyse des flux au sein de l'entreprise, indépendamment des frontières de directions et de services.

Les concepts de flux de produits et de réseaux à valeur ajoutée permettent donc de constituer une méthodologie d'intégration pour l'analyse de tous les processus transverses dont l'amélioration mobilise actuellement une partie importante des cadres des grandes entreprises.

■ Le réseau d'entreprises

L'analyse du réseau n'a aucune raison de s'arrêter à la porte d'une entreprise. Les entreprises qui participent à la satisfaction des consommateurs sont multiples. Chacune d'entre elles apporte sa valeur ajoutée et répercute sur les produits tout ou partie de ses charges, dégageant en outre un éventuel bénéfice selon la logique des négociations commerciales entre les unes et les autres sur chacun des marchés. Rien n'interdit de poursuivre l'analyse d'une entreprise à l'autre. Mais ce qui est possible pour l'économiste, l'est aussi pour l'entrepreneur et l'on peut penser à engager la négociation commerciale sur une approche plus globale qui prend en compte l'ensemble du processus, évaluant les économies possibles sur chaque maillon de la chaîne logistique, sachant qu'un supplément de coût pour l'un peut être à l'origine d'économies importantes pour l'autre. C'est un des points forts de l'analyse par *supply chain* interentreprises que de rechercher une nouvelle organisation plus économique et donc profitable à tous, y compris au consommateur final, en organisant la répartition « au mieux » des profits réalisés. On quitte alors le domaine des relations commerciales classiques pour entrer dans de nouveaux modes de collaboration entre entreprises, modes qui ont donné lieu à de nombreux développements au cours de ces dernières années.

La difficulté est d'organiser cette collaboration et l'on voit se développer de nouvelles organisations économiques aptes à prendre en charge cette nouvelle approche globale de la *supply chain* :

– nouvelles relations sous-traitants-assembleurs, dans l'industrie automobile par exemple ;

– collaborations entre producteurs et distributeurs sous divers noms et différentes formes, souvent évoquées sous le nom d'ECR et l'on verra ce qu'il faut entendre par là ;

– « nouvelle économie » des places de marché internet avec de nouvelles formes de collaboration plus ou moins étroites entre entreprises traditionnelles (*brick and mortars*), nouveaux venus sur le marché (*pure players*), entreprises informatiques et de télécommunications, et aussi entreprises logistiques plus ou moins engagées dans ces collaborations (*third party logistics* et *fourth party logistics*) ;

– « entreprises virtuelles », celles qui veulent maîtriser l'ensemble de la chaîne logistique en ne gardant en pleine propriété que ce qui est nécessaire au marketing et au pilotage, en négociant les fonctions opératoires (production, distribution, transport, entreposage, etc.) sur des bases contractuelles ou plus souvent de partenariats à moyen terme.

1.4 Techniques d'analyse des flux de produits

L'analyse des flux de produits est toujours la première étape d'une étude de *supply chain*. Elle est indispensable et doit permettre ensuite de déterminer la situation actuelle avec :

– les flux de produits de toutes sortes : composants, produits de base, produits semi-finis, produits finis, etc. ;

– les stocks et plates-formes ou plus généralement les points d'accumulation de marchandises dans l'entreprise et tout au long de la *supply chain* ;

– les délais de chaque étape ;

– les flux d'informations correspondant aux flux de produits ;

– les coûts ;

– les processus de régulation tout au long de la chaîne ;

– les dysfonctionnements observés.

Malheureusement peu de logisticiens sont formés à ces études de flux. Les descriptions que l'on trouve dans les entreprises des éléments précédents sont très souvent incomplètes, voire erronées, et très pauvres : une grande partie des informations restent informulées et chacun des participants n'en possède qu'une petite part, plus ou moins exacte et ne permettant aucune synthèse. Des tentatives de description par des stagiaires ou des agents de l'entreprise travaillant sans méthodes sont rarement très utiles. Les savoir-faire en ce domaine sont souvent limités à quelques logisticiens qui ont eu l'occasion de participer à de telles études dans une autre entreprise, à des informaticiens bien forcés de « mettre à plat » l'organisation qu'ils doivent paramétrer dans des logiciels ou des consultants spécialisés.

On présentera donc ici les bases de la méthode SCOR du *Supply Chain Council* qui a l'avantage de présenter un cadre d'analyse que l'on peut combiner avec les méthodes classiques d'analyse d'informations des organisateurs et informaticiens (voir § 1.4.3).

1.4.1 Représentations géographiques

La représentation géographique des flux de marchandise est la plus naturelle car elle consiste à représenter sur une carte géographique les lieux de stockage ou plates-formes entre lesquels les flux de marchandises vont donner lieu à transport.

Voici un exemple tiré d'une présentation de la méthode SCOR, méthode d'analyse et de représentation de *supply chain* proposée par le *Supply Chain Council*. Cette présentation géographique (figure 1.9) n'appartient pas vraiment à la méthode mais elle précède la représentation de la chaîne sous une autre forme.

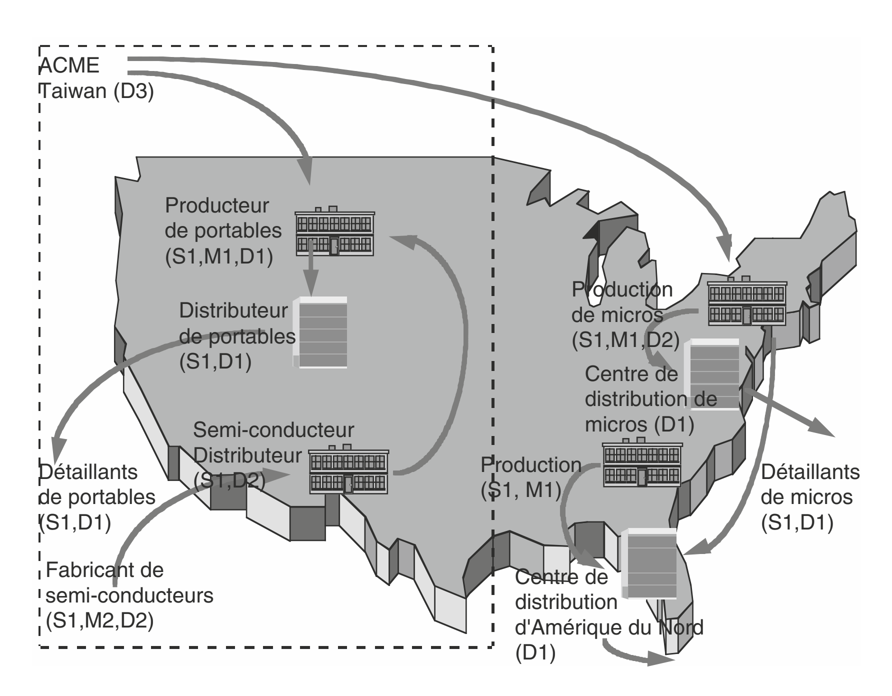


Figure 1.9 – Exemple de représentation géographique des flux de marchandise (*supply chain* d'ACME, exemple présenté par SCOR © 2001 *Supply Chain Council*).

Ces représentations géographiques ont une grande utilité logistique. Une part importante de l'informatique logistique est composée de bases de données sur les routes qui permettent de déterminer des itinéraires en fonction de paramètres et d'en évaluer la distance, le temps nécessaire à les parcourir, le coût du transport, etc. De même, il existe des programmes pour déterminer sur la

carte l'endroit le plus judicieux pour localiser un entrepôt avec des méthodes de barycentre ou de programmation linéaire en fonction des transports à assurer à partir et à destination de ces entrepôts. Bien entendu, comme toujours en matière de cartographie, l'échelle de la représentation géographique commande la précision de la représentation des flux : on choisira une tout autre échelle géographique pour représenter les flux à l'intérieur d'une usine.

1.4.2 Représentations symboliques

Une représentation symbolique des flux est comparable à une représentation géographique puisqu'elle peut, par exemple, permettre de représenter les lieux de stockage et plates-formes sous l'aspect de sommets d'un graphe dont les arêtes représentent les flux – et donc les transports – entre les lieux de stockage et les plates-formes. La différence est que l'emplacement de chaque sommet n'a aucune correspondance géographique et que la longueur des arêtes est sans rapport avec la distance des trajets.

Sur le graphique de gauche de la figure 1.10, on a représenté la carte de France et l'emplacement de deux magasins d'usine ainsi que sept magasins régionaux de distribution. Les trajets entre les uns et les autres n'ont pu être représentés exactement compte tenu de l'échelle de la carte ; ils indiquent cependant la direction générale des trajets et l'ordre de grandeur des distances.

Sur le graphique de droite, les mêmes entrepôts et les mêmes flux sont représentés mais sans localisation avec seulement l'analyse des trajets prévus entre les uns et les autres. On va voir que la logistique utilise beaucoup de représentations schématiques de cette sorte, comme toutes les sciences qui s'intéressent aux flux.

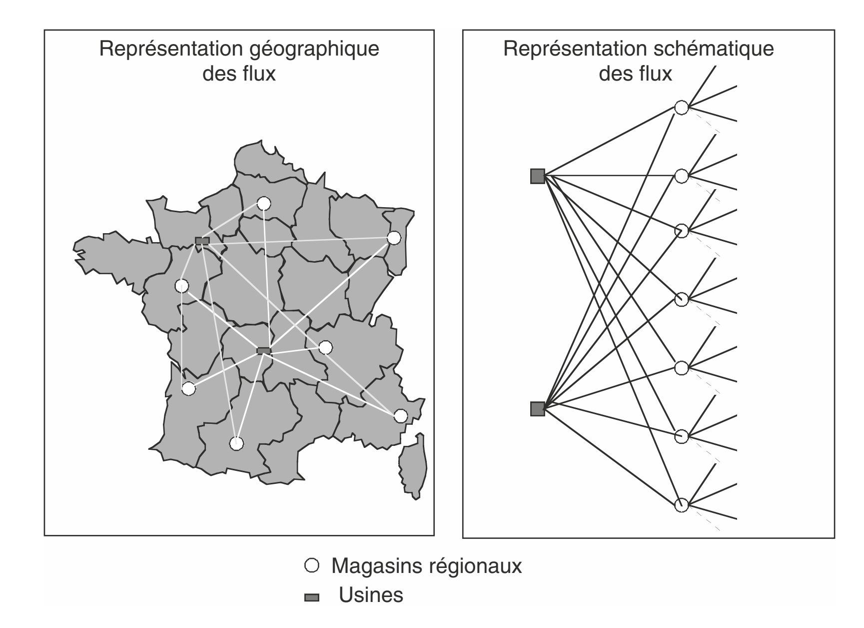


Figure 1.10 – Représentations géographique et schématique des flux.

De la même façon, voici la représentation en utilisant la méthode SCOR de la *supply chain* de l'entreprise ACME (figure 1.11) dont nous avons vu la représentation géographique au paragraphe précédent. Un tel graphe, avec ses flèches successives, est très proche des graphes utilisés pour les analyses de processus, et ce n'est pas une simple coïncidence.

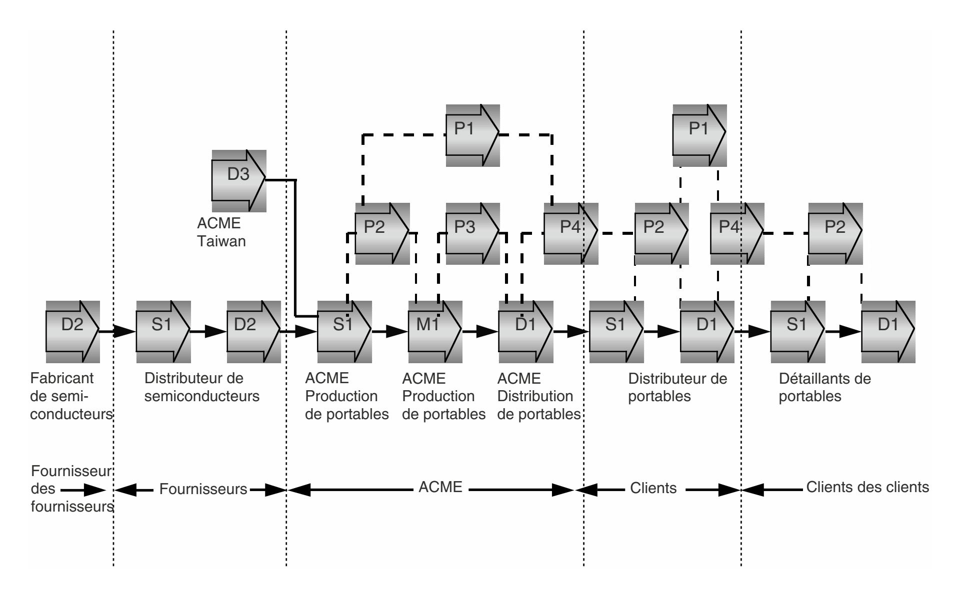


Figure 1.11 – Exemple de représentation schématique des flux (© 2001 *Supply Chain Council*).

Chacune des flèches représente une opération dont la nature est déterminée par son sigle. On reconnaît dans chaque flèche les quatre processus types : *Source* (S) ou « approvisionner », *Make* (M) ou « fabriquer », *Deliver* (D) ou « distribuer, envoyer » et *Plan* (P) ou « planifier, piloter ». Le numéro qui suit, par exemple « 2 » dans D2, précise seulement la nature plus particulière du processus : ainsi D2 = « Livraison pour une commande particulière » par opposition à D1 qui est une « Livraison sur stock ». Les flèches de type P (planifier ou piloter) sont relatives à des flèches de niveau inférieur et expriment le pilotage des actions du niveau inférieur. La méthode développe ensuite des conventions beaucoup plus détaillées pour analyser avec plus de détail chacune des opérations. Une telle représentation est déjà plus abstraite que la représentation précédente des flux entre usines et entrepôts. Elle s'apparente aux différentes méthodes de représentation de processus que l'on trouve dans beaucoup d'entreprises, avec cependant une spécialisation sur la représentation des flux de produits par opposition, par exemple, aux conventions utilisées par les informaticiens ou automaticiens pour représenter des flux d'informations ou des relations entre concepts (diagrammes entités-associations par exemple).

La notion de « fil » (*thread*) mérite d'être précisée. En effet, un réseau n'est pas une simple chaîne. Comme on l'a vu, plusieurs modes de distribution

peuvent exister pour un même produit avec des parties différentes de la chaîne logistique. Le « fil » est alors la description complète de l'un des processus à l'intérieur du réseau, description qui permet de s'assurer que la description que l'on donne de chaque processus est bien cohérente et exhaustive.

1.4.3 Informatique et représentation du réseau de l'entreprise

Le pilotage des flux et des stocks de l'entreprise exige que l'on dispose de représentations cohérentes de tous les flux et de tous les stocks selon les différents axes et aux différentes échelles nécessaires pour ces pilotages. C'est en principe l'objectif des ERP d'intégrer toutes ces représentations nécessaires. En réalité, les ERP sont le produit de l'histoire et de la nécessité. La plupart d'entre eux se sont construits autour d'une base de données comptables interfacée avec un certain nombre d'applications de gestion. Or la comptabilité est d'abord un système de représentation des flux et des stocks reposant sur des principes de base, la partie double par exemple, un plan comptable et des schémas d'imputation des comptes : une sortie de stock vers un chantier est traduite en comptabilité par des écritures qui transcrivent une partie des caractéristiques de l'opération : date, article, quantité, prix unitaire, compte de stock, compte de destination, n° de chantier, etc. D'autres caractéristiques ne sont pas retranscrites par la comptabilité : heure, poids, emplacement en magasin, transport, etc. D'autres applications de gestion de magasin, gestion de production, gestion des transports, etc. viennent donc assurer d'autres représentations de ces mêmes opérations du réseau financier et réel de l'entreprise. On a tendance à les intégrer progressivement dans des systèmes informatiques de management de la *supply chain* (SCM) ou dans des modules d'ERP. Il va de soi qu'on est loin d'une intégration conceptuelle complète des représentations de l'entreprise, ce qui est peut-être utopique, et même souvent d'une simple cohérence. La comptabilité, même si les comptables n'aiment pas le dire, est souvent une représentation biaisée des flux de l'entreprise.

Sans entrer dans les délicats problèmes d'urbanisme informatique des grandes entreprises, qui seront abordés dans le chapitre consacré à l'informatique logistique, on peut noter tout de suite qu'il existe deux métiers ou deux groupes de métiers de la logistique :

– des métiers de gestionnaire des flux, et stocks, en utilisant les outils informatiques disponibles ;

– des métiers d'« analystes logistiques » à mi-chemin de l'informatique et de la logistique, qui consistent à bâtir progressivement puis à réaménager en permanence la représentation des réseaux de l'entreprise.

De plus en plus souvent, on voit des informaticiens devenir logisticiens, et, peut-être plus souvent encore, l'inverse.

Il n'est pas rare de trouver des directeurs de la performance des flux et des systèmes d'information. C'est la reconnaissance d'une double compétence et appartenance au métier de logisticien et d'architecte des systèmes d'information qui soutiennent les flux physiques.

Les problèmes de représentation de concepts, d'ensembles ou fichiers et de mouvements sont d'une grande difficulté : quiconque a tenté de représenter un

secteur d'entreprise en diagrammes « entités-associations », par exemple, en connaît la complexité. Les relations quotidiennes entre logisticiens, informaticiens et comptables sont très souvent difficiles. Jusqu'à présent les concepteurs d'ERP et de SCM ont été d'une grande timidité, se contentant de connecter peu à peu par des interfaces des applications éprouvées puis de fusionner des fichiers au sein de bases de données. Le temps est désormais venu de concevoir des représentations plus intégrées. Il y a là un gigantesque domaine de recherche, encore une fois transverse, auquel l'université devrait s'intéresser…

1.5 Urbanismes logistiques

On utilise l'expression « urbanismes » pour désigner les agencements possibles des flux de marchandises et de leurs points de regroupement et de traitement (usines, entrepôts, plates-formes, GMS, etc.) de la même façon que les informaticiens parlent d'« urbanisme informatique » pour désigner l'agencement qu'ils proposent des fichiers et des flux d'informations[1]. Bien entendu, l'organisation générale des entreprises, et particulièrement des entreprises industrielles, ne répond pas seulement à des contraintes logistiques. De nombreux facteurs concourent aux choix d'urbanisme industriel : capacités de production, productivité machine et productivité homme, coûts de la main d'œuvre, régimes fiscaux, etc. Mais outre que ces choix résultent aussi de paramètres logistiques (distances de la clientèle et des fournisseurs, poids des produits, coûts de stockage, etc.), les différentes configurations qui en résultent constituent une typologie que le logisticien ne peut ignorer.

Le réseau économique des flux de produits est d'une extrême complexité. Toutes sortes d'entreprises de production, distribution, transport ou soutien y participent dans un enchevêtrement quasi inextricable d'ateliers, entrepôts et plates-formes, flottes de camions, surfaces de vente et domiciles des consommateurs. Cependant chacun des participants à ce réseau n'est intéressé que par une faible partie des flux, ceux des produits qu'il fabrique, qu'il utilise, qu'il transporte, qu'il distribue ou qu'il consomme. Il peut être intéressant d'analyser les caractéristiques principales de ces différents points de vue : manufacturier, distributeur, entreprise de services et, à titre d'exemple type, ensembliers automobiles.

On n'abordera pas ici les techniques d'urbanisme logistique qui sont l'objet du chapitre 18 sur les schémas directeurs logistiques. Les principes en sont simples même si leur mise en œuvre peut être très complexe et faire appel à des moyens sophistiqués. La réduction des coûts globaux de la ou des *supply chain* reste souvent le premier objectif, dont la poursuite suppose ce que les Américains appellent des *trade off*, expression que l'on peut approcher en traduction par « compromis ». Il s'agit d'arbitrer l'importance d'une variable décisionnelle dont la croissance entraîne des effets parallèles simultanés d'augmentation et de réduction des coûts et pour lesquels il doit y avoir normalement un optimum.

---

1. À côté de cet urbanisme logistique au sens large, il existe d'ailleurs une logistique urbaine qui n'est pas sans intérêt : détermination des emplacements des GMS en périphérie, approvisionnement des magasins urbains et des boutiques de proximité, éventuellement à partir de plates-formes et de camionnettes de livraison spécialisées dans les tournées en centre-ville, etc. Ce n'est cependant pas ce que nous entendons ici puisqu'il s'agit de l'organisation des flux réels dans les entreprises.

1.5.1 Le point de vue des manufacturiers

■ L'arbre symbolique des entreprises industrielles à site de production unique

La *supply chain* classique est d'évidence l'affaire des fabricants. Le *Supply Chain Council* (SCC) aux États-Unis est constitué d'abord des principaux manufacturiers, et ce sont les créateurs de progiciels généraux pour les entreprises de production qui ont assuré la promotion du concept. Les ERP (ou *supply chain management system*) peuvent être considérés comme le regroupement de systèmes de gestion de MRP et de DRP. Ce sont d'ailleurs les fabricants qui les premiers se sont efforcés de maîtriser l'ensemble du réseau nécessaire à la fabrication et la distribution de leurs produits comme le traduit la définition classique de la *supply chain* par le SCC : « Suite des étapes de production et distribution d'un produit depuis les fournisseurs des fournisseurs du producteur jusqu'aux clients de ses clients ».

On a vu que, autour des usines, le réseau des produits amont (produits de base et composants) et aval (produits finis) constituait une double arborescence :

– l'arborescence amont des fournisseurs de 1er rang, puis de 2e rang, etc. ;

– en sens inverse de la précédente, l'arborescence aval des entrepôts régionaux du fabricant, s'il en dispose en plus d'un entrepôt d'usine, et les plates-formes et entrepôts de ses transporteurs et distributeurs jusqu'aux GMS et consommateurs finals.

On peut la schématiser sous forme d'un arbre comme sur la figure 1.12. Les racines en constituent l'arborescence amont, le tronc représente l'usine, les branches les flux de distribution jusqu'aux consommateurs représentés par le feuillage. Une telle représentation est nettement plus appropriée qu'une chaîne pour montrer ce qu'est le double réseau de ses fournisseurs et de ses clients pour un manufacturier.

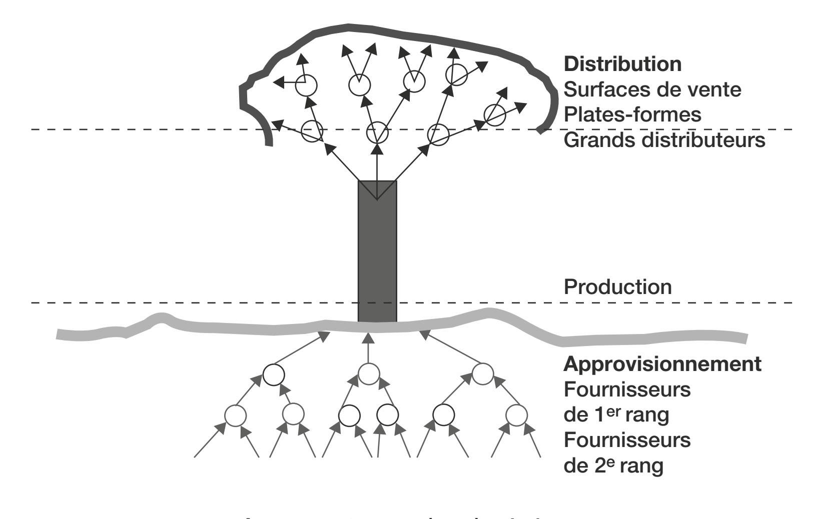


Figure 1.12 – L'arbre logistique.

■ Les entreprises de production multi-sites

La plupart des entreprises manufacturières ont cependant plusieurs sites de production, selon plusieurs configurations possibles.

Il peut y avoir dans un même pays des sites différents :

– pour tenir compte de la répartition géographique des produits de base qui servent à la fabrication ; c'est le cas particulièrement des usines de produits agroalimentaires qui ont tendance à s'établir à proximité dans les zones de production : usines de produits laitiers dans les zones d'élevage à proximité de coopératives de production, conserveries près des ports de pêche ou dans les zones de production de fruits ou de légumes, etc. ;

– pour tenir compte de la répartition géographique de la clientèle lorsque la nature et la valeur du produit exigent de réduire les coûts de transport ou d'en réduire la durée : par exemple les usines de cartonnage se répartissent sur tout le territoire à moins de deux ou trois centaines de km de leurs entreprises clientes. La valeur au kg des produits peut être un bon discriminant en ce domaine. On verra le cas des équipementiers automobiles qui tendent à établir chaque usine à proximité d'un ensemblier qui en constitue alors le client principal ;

– pour fabriquer des produits différents avec une spécialisation des usines permettant d'obtenir une meilleure productivité et donc des prix de revient plus faibles que dans des usines multi-produits.

Le réseau qui en résulte devient naturellement plus complexe que dans le cas précédent de l'entreprise industrielle à site de production unique. La figure 1.10 donne un exemple d'approvisionnement de magasins régionaux en France à partir de deux usines, montrant la multiplication des transports dans une telle situation.

Un tel modèle a cependant tendance à évoluer avec le temps :

– Le modèle change peu lorsque les usines sont positionnées à proximité des zones de consommation. La partie aval de chaque usine constitue une branche de la *supply chain* aval du groupe. Il peut y avoir de la part des fournisseurs de 1er rang des flux croisés car différentes usines peuvent avoir les mêmes fournisseurs avec les avantages de réduction des prix d'achat que l'on peut en attendre.

– Assez souvent un groupe industriel résulte de l'absorption de plusieurs entreprises différentes qui continuent d'exercer leur activité selon le même schéma logistique avec une coordination seulement financière ou de marketing. Chaque entreprise conserve alors sa *supply chain* et les coordinations techniques et logistiques ne se réalisent que très lentement : comparaisons des productivités et des méthodes au sein de groupes de travail, lancement de produits communs, centralisation progressive de certains achats, dépannage occasionnel d'une usine à l'autre, mouvements de cadres d'une entreprise à l'autre, bureaux d'études communs, etc.

– Le cas précédent se retrouve particulièrement dans des groupes européens ou mondiaux qui résultent de l'absorption progressive d'entreprises nationales. Chacune des filiales nationales conserve au moins dans un premier temps ses usines de production et ses entrepôts nationaux et régionaux avec ses filières propres de distribution. Les entreprises nationales produisent chacune dans

une ou plusieurs usines la totalité des produits nécessaires à leur marché, qu'il s'agisse de produits désormais communs à l'ensemble du groupe ou de produits spécifiques d'un pays.

– Assez souvent cependant, dans l'un et l'autre cas précédent, on assiste après quelques années à une réorganisation plus ou moins rapide avec comme objectif une rationalisation de la production et de la logistique.

Ces réorganisations se traduisent par :

– une spécialisation des usines dont le nombre diminue ; une seule usine produit désormais un type de produits pour l'ensemble du groupe ou d'une zone géographique (Europe par exemple) ; l'avantage concurrentiel se traduit par une diminution des prix de revient due à la spécialisation et à l'augmentation des volumes (achats et production) : logistiquement, les coûts de transport augmentent puisque chaque usine doit désormais approvisionner les différents entrepôts nationaux ;

– parfois des délocalisations de productions vers des pays à faible niveau de salaires avec corrélativement la constitution de stocks internationaux ;

– une réduction des entrepôts nationaux et régionaux au profit d'un entrepôt national par pays ou même d'un entrepôt pour plusieurs pays avec éventuellement dans ces entrepôts des tâches de post-industrialisation, par exemple de réalisation de conditionnements propres à chaque pays ;

– une centralisation nécessaire du pilotage de la *supply chain* qui se traduira par exemple au niveau européen par :

• des prévisions au niveau international qui ne sont plus seulement financières mais en terme de flux réels (DRP), avec une coordination permanente des plans de production et des achats (MRP) ;

• une étude systématique par modélisation – et éventuellement programmation linéaire – des emplacements géographiques de production et de stockage ou transit, sans négliger bien entendu les contraintes sociales ;

• une organisation centralisée des transports au moins entre usines et magasins nationaux, avec assez souvent une externalisation au profit d'une ou plusieurs entreprises logistiques internationales ; on parle alors structurellement de logiques de « radialisation[1] » ;

• des négociations centralisées aussi bien en ce qui concerne les achats que les ventes pour obtenir de meilleures conditions par effet de masse.

Les **entreprises organisées par branches** correspondant chacune à un mode de distribution, constituent un nouveau type d'organisation qui peut parfois prendre le relais du modèle précédent pour remédier à sa complexité. Le groupe se sépare alors en plusieurs branches dont chacune constitue une *supply chain* particulière avec sa ou ses usines, ses fournisseurs et ses réseaux de distribution. Un groupe comme L'Oréal s'est ainsi organisé par branches de distribution : coiffeurs, grande distribution, pharmacie et parapharmacie, etc., avec des usines spécialisées par branches. De même, un fabricant de conserves comme Bonduelle s'est divisé en plusieurs branches, l'une consa-

1. Gilles Paché, « Proximité spatiale et gestion des *supply chains* : une approche critique à partir des logiques de radialisation », CRET-Log, Université d'Aix-Marseille, 17 juin 2004.

crée à la grande distribution classique, l'autre à la restauration collective, et d'autres encore, malgré parfois de délicats problèmes d'éclatements d'usines entre plusieurs branches. C'est d'ailleurs assez souvent le cas avec la spécialisation d'une branche dans la fabrication des produits MDD (marques de distributeur) que les grandes marques ne veulent pas traiter trop près de la *supply chain* consacrée à leurs propres produits. On obtient alors une *supply chain* différente pour chaque branche même s'il subsiste des activités communes et parfois de délicats problèmes de répartition des sites de fabrication.

■ Le contrôle de la distribution par les manufacturiers

La figure 1.13 montre les rapports entre producteurs, distributeurs et consommateurs finals. Au producteur appartient le soin de réaliser les études de marché, concevoir les produits et soutenir leurs ventes par des actions de publicité de marque et de promotions. Au distributeur, le soin de vendre les produits dans ses surfaces quitte à soutenir les ventes par des promotions et actions de publicité sur les lieux de vente ou dans sa zone de chalandise. Le consommateur lui exerce le pouvoir final : il achète ou il n'achète pas.

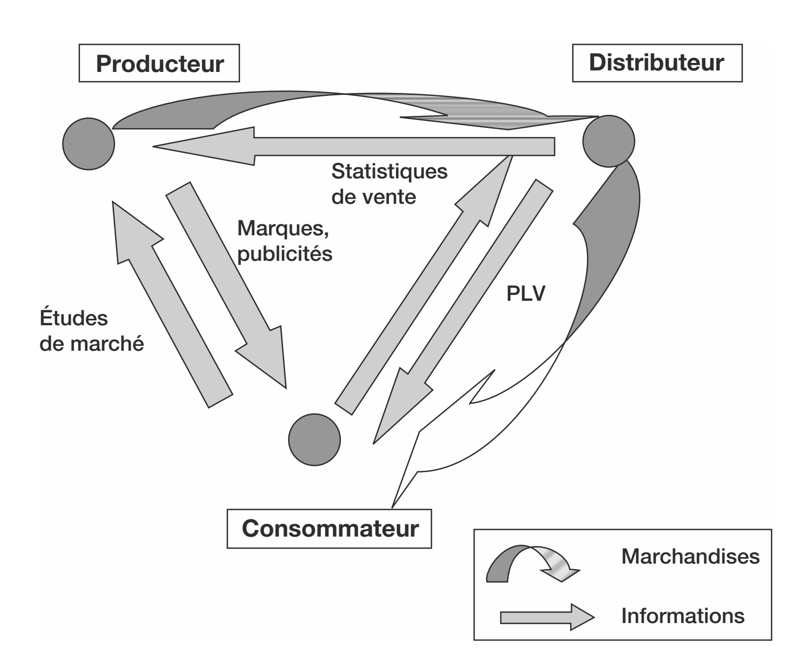


Figure 1.13 – Le triangle de la distribution.

Le producteur de PGC (Produit Grande Consommation) n'assure donc normalement qu'un contrôle réduit de la distribution de ses produits. Pour chaque produit, les deux ou trois fabricants leaders s'imposent à travers leurs campagnes publicitaires mais les autres trouvent difficilement leur place sur les linéaires de la grande distribution occupés par les leaders et les MDD, sinon sous forme de premiers prix âprement négociés lors des référencements.

■ Le bouclage du réseau : point de vue global du développement durable

Avec la prise en compte des concepts de protection de l'environnement et de développement durable, le rôle des entreprises industrielles n'est plus seulement de vendre des produits à des distributeurs mais aussi d'assurer le cycle de vie complet des produits et de leur accompagnement. La fabrication d'un produit génère des déchets dont l'entreprise industrielle doit désormais faire assurer le traitement. Sa distribution même génère encore des déchets avec les palettes, cartons et autres conditionnements tertiaires. Le consommateur à son tour génère des déchets en consommant les produits et, s'il s'agit d'un produit durable, doit se débarrasser du produit en fin de vie : véhicules hors d'usage (VHU), réfrigérateurs, postes de télévision, ordinateurs, etc. Notre société se donne de plus en plus fréquemment comme objectif le recyclage de tous ces produits et la réduction progressive des rejets ultimes, ce que l'on met en décharge.

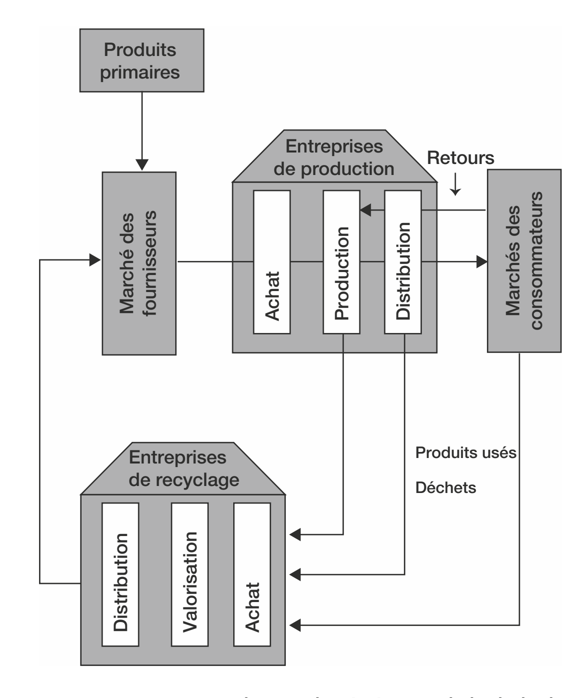


Figure 1.14 – Le nouveau schéma logistique global de l'économie (d'après R.F. Saguma, 1991).

La *supply chain* se trouve ainsi bouclée avec des activités de récupération, tri, transport, transformation qui appartiennent à ce que l'on appelle la *logistique inverse* (*reverse logistics*) et la création d'entreprises d'un nouveau type spécialisées dans ces opérations. Ce bouclage de la *supply chain* est encore loin d'avoir trouvé son équilibre. Il ne peut en effet se financer de façon strictement marchande et doit être payé d'une façon ou d'une autre, par des taxes ou autres contributions à la charge soit du consommateur (taxe sur les ordures ménagères et éco-taxe sur les produits électriques et électroniques depuis novembre 2006 par exemple, ou en Suisse taxe spéciale lors de l'achat d'un

nouvel ordinateur), soit du producteur (taxe sur les activités polluantes pour les déchets industriels spéciaux, versement à une société spécialisée de contributions par emballages mis sur le marché), soit du distributeur (emballages industriels et commerciaux).

D'autre part, c'est désormais une responsabilité importante du producteur de concevoir des produits qui ne génèrent qu'un minimum de déchets non recyclables lors de leur fabrication, de leur utilisation puis de leur destruction et sont conçus non seulement pour être utilisés mais aussi pour être démontés et recyclés. Une telle politique dite « de développement durable » est une contrainte importante, donc onéreuse, mais peu apparente pour le consommateur. La concurrence de produits fabriqués à meilleur marché dans des pays peu sensibles aux problèmes de pollution et sans souci de leur recyclage pose des problèmes difficiles. On trouvera au chapitre 14, consacré à la logistique inverse, une approche de ces techniques qui vont devenir essentielles au management de la *supply chain* dans les prochaines années.

1.5.2 Le point de vue des distributeurs

La distribution est en soi une logistique puisqu'elle consiste à apporter les produits industriels depuis les usines jusqu'aux domiciles des consommateurs.

■ La grande distribution

L'organisation caractéristique d'un grand groupe français (figure 1.15) montre un réseau de plates-formes de distributeurs avec :

– des **entrepôts spécialisés par types de produits** (frais, surgelés, liquides, épicerie, bazar) appelés un peu improprement plates-formes bien qu'ils puissent disposer de stocks parfois importants ; ces entrepôts permettent d'approvisionner des quantités plus importantes que les besoins courants pour bénéficier de meilleurs prix, par exemple à la suite de promotions de producteurs, et pour réceptionner les importations ;

– des **plates-formes régionales** qui reçoivent les produits des entrepôts spécialisés ou directement des producteurs avec des stocks réduits à quelques jours et un rôle essentiel de réception, d'éclatement et de transit vers les GMS ;

– des **supermarchés et hypermarchés** qui reçoivent une partie de leurs approvisionnements directement des fournisseurs et la majeure partie des plates-formes régionales ; ces GMS disposent elles-mêmes de stocks sous forme de réserves arrière, d'ailleurs en voie de réduction comme on le verra. La mise en linéaire des produits constitue une logistique intermédiaire entre amont et aval que l'on étudiera plus en détail.

Ces organisations logistiques sont cependant très variées et en perpétuelle évolution. Certains produits volumineux à consommation importante, eaux minérales par exemple, peuvent être livrés par camions complets directement à des hypermarchés, d'autres sont livrés aux plates-formes. Les producteurs se plaignent parfois que leurs programmes informatiques ne savent pas traiter simultanément ces différents types de livraison.

Le très grand nombre de produits commercialisés par un hypermarché ne permet pas au distributeur de prétendre contrôler l'intégralité de la *supply chain* chez ses fabricants et encore moins chez leurs propres fournisseurs. La

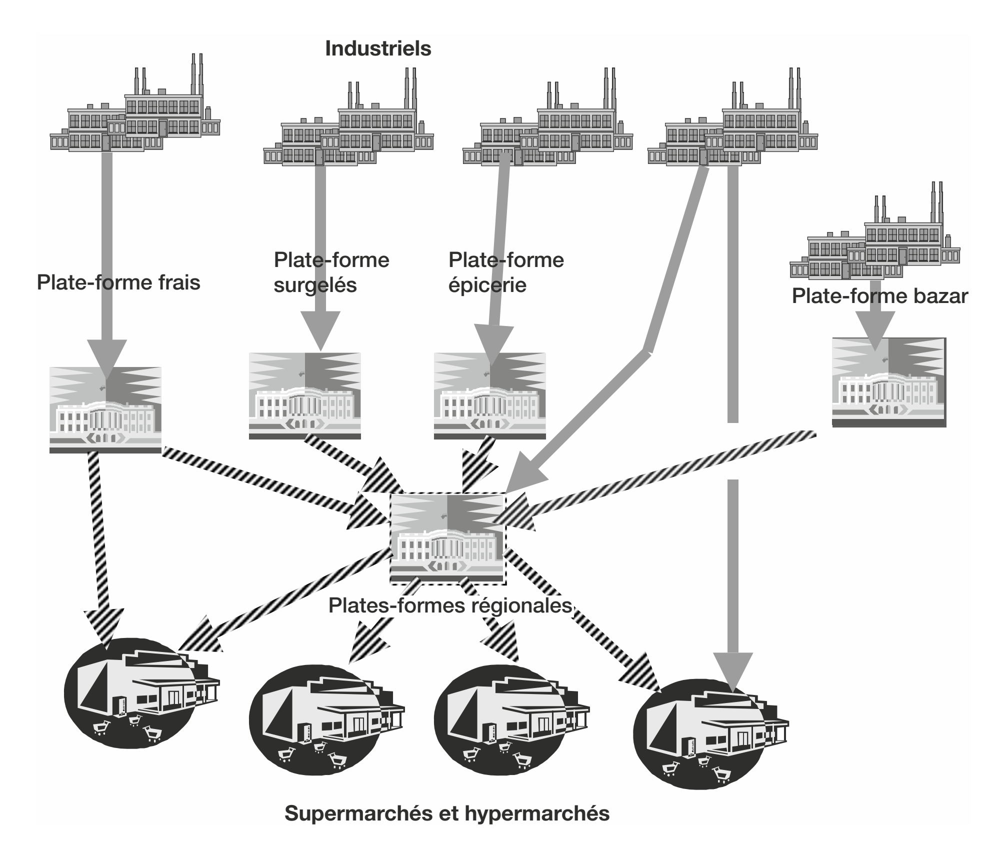


Figure 1.15 – Logistique de la grande distribution.

supply chain du distributeur commence donc en principe sur ses plates-formes – ou au moins départ usine vers ses plates-formes. Le point de vue du distributeur sur la *supply chain* est donc très différent de celui du fabricant.

Cependant, le distributeur ne peut ignorer complètement les étapes de fabrication des produits qu'il achète. Une importante évolution est en cours, comme on va le voir, avec les MDD.

■ La grande distribution à base de MDD

Les *marques de distributeur* (MDD) représentaient en 2005 32,5 % des parts de marché en volume (plus pour certains groupes comme Intermarché, 31,3 %, Casino, 27,4 % ou Carrefour, 25 % en 2001, Source Secodip). Elles sont de plus en plus nombreuses (plus de 2 000 pour le groupe Intermarché, plus de 3 000 pour Leclerc). Leurs parts de marché s'accroissent et elles représentent en Grande-Bretagne 45 % du marché en valeur. Elles comportent deux sous-catégories :

– les « *cœurs de gamme* » avec une qualité proche de celle du leader, un prix inférieur d'au moins 20 % et un packaging proche de celui du leader, et des taux de marge brute très importants ;

– les « *produits à thème* » sur des segments de marché porteurs (haut de gamme, terroir, bio, exotisme, spécialités pour enfants).

Les distributeurs font appel assez largement aux producteurs des grandes marques pour fabriquer leurs MDD. La coopération peut même aller jusqu'au marketing pour lequel les producteurs ont une plus grande expérience (*trade marketing*).

Le schéma logistique de la vente de MDD est assez différent du schéma classique en ce sens que le distributeur doit maîtriser l'ensemble de la *supply chain* et non seulement sa distribution. Si ces MDD résultent assez souvent de conditionnements différents donnés par les producteurs à leurs propres produits de marque, de grands distributeurs généralistes ou spécialisés (bricolage, articles de sport, etc.) font réaliser leurs MDD sur cahiers des charges spécifiques avec un contrôle étroit. Ainsi Décathlon, distributeur spécialisé d'articles de sport, a-t-il une filiale de production qui assure la production d'environ 40 % des articles distribués, parfois jusqu'à 100 % pour les vélos par exemple. Cette organisation fait travailler des entreprises de plus de 16 pays sur des cahiers des charges très précis.

1.5.3 Le point de vue des entreprises de services

De nombreuses entreprises et la plupart des administrations ne proposent pas des produits mais des prestations de toute nature, des services : banques, assurances, justice, enseignement, hôpitaux, hôtellerie-restauration, SAV et entretien, télécommunications, postes, loisirs, etc. Ces entreprises et administrations développent aussi une logistique mais différente des *supply chains* de production-distribution de produits.

D'autre part, ce qu'attend l'utilisateur d'un produit classique n'est pas toujours le produit mais un service : l'acheteur d'une automobile attend de pouvoir utiliser le véhicule qu'il a choisi et peut donc préférer une formule de location ou de location vente plutôt qu'un achat. On peut se demander si la vente de biens semi-durables (automobiles, électroménager, informatique, etc.) n'est pas appelée à perdre une part importante de ses marchés au profit de formules de mises à disposition assurant une garantie de service avec entretien et dépannage. On verra au chapitre 15 que se développe de plus en plus la notion de *produit étendu* (produit proprement dit + prestations) qui vient rejoindre un nouveau type de logistique, souvent appelée *logistique des services* dans la littérature spécialisée nord-américaine.

La logistique correspondante ne consiste pas à fournir des quantités de marchandises mais à assurer une certaine capacité de services dans certains délais, dans certains lieux (domiciles, boutiques, etc.), avec un certain niveau de qualité du service. Elle se traduit par la mise en place de moyens en personnel, avec certains horaires, dans certains établissements, avec les matériels et pièces de rechange nécessaires (y compris les véhicules), un certain niveau de prestations informatiques (centres d'appels par exemple), une organisation, des méthodes et des procédures, etc. Ce concept de capacité a des conséquences pratiques auxquelles il faut prendre garde : ainsi le logisticien raisonnera plus souvent en mode qu'en moyenne arithmétique. La proximité de la demande est un élément capital de ces *supply chains* mais cette proximité souvent géographique peut aussi être assurée par d'autres

moyens (téléphone, Internet), comme le montre le développement du *e-commerce* et des services liés aux produits assurés à travers Internet.

1.5.4 L'exemple des ensembliers automobiles

Les ensembliers automobiles, ceux qui réalisent les automobiles, représentent un secteur industriel encore très important qui résiste mieux que d'autres aux délocalisations. C'est aussi le secteur où se sont développées une grande partie des innovations logistiques de ces vingt dernières années. Il nous a donc paru important d'analyser rapidement son urbanisme logistique. On notera cependant que toute analyse de *supply chain* dans n'importe quel domaine industriel, doit être précédée d'une telle analyse de la situation actuelle et de ses évolutions de façon à replacer l'entreprise dans son cadre d'évolution logistique.

■ L'avantage de proximité de la demande

Il semble que l'automobile conserve un important avantage compétitif de proximité au niveau de chaque pays et parfois même de chaque région, même si cet avantage peut être battu en brèche comme le montre l'évolution des ventes d'automobiles en Amérique du Nord. L'automobile est en effet un bien lourd, coûteux et donc fragile, difficile à transporter. Les carrosseries sont à la merci d'éraflures ou de tâches malgré les protections de cire qu'on peut leur donner pour le transport. Le transport par bateau est long et représente donc une immobilisation financière non négligeable, sans compter les risques des chargements et déchargements. Il tend cependant à remplacer le train par exemple entre l'Espagne et l'Italie. En effet, le transport par train est long : une semaine en moyenne d'Italie en France pour Fiat ! L'importance des délais est d'autant plus grande que la diversité des modèles et des options conduisent chaque acquéreur à attendre son véhicule, assemblé presque sur mesure en fonction de ses nombreux choix et qu'une semaine de plus est un véritable handicap. L'objectif que s'est donné Toyota de produire un véhicule et de le livrer en une semaine reste encore un vœu de toute façon limité à la proximité géographique de chaque usine. En dehors même des délais, il existe aussi un avantage compétitif dans chaque pays pour le ou les constructeurs nationaux : Renault et PSA conservent une part importante du marché français, Fiat, du marché italien, Mercedes-Benz, BMW et Volkswagen, du marché allemand, Volvo, du marché suédois, etc.

■ Fréquence et importance des restructurations industrielles

Cet avantage compétitif de proximité, attaqué par la concurrence, n'empêche pas, bien au contraire, les restructurations industrielles : les constructeurs automobiles sont en permanence soumis à une concurrence extrême, au péril de la faillite, comme nous le rappelle la disparition de Rover en Grande-Bretagne en 2005. Sans aller jusque-là, la restructuration d'une entreprise comme GM montre bien l'importance des actions nécessaires : son président, Rick Wagoner, depuis son arrivée en 2000 à la tête du groupe jusqu'en 2005, a supprimé 80 000 postes dans le monde et a annoncé en 2005 une nouvelle réduction de 25 000 emplois en Amérique du Nord, puis a à nouveau annoncé en février 2008 après la perte abyssale de 38,7 milliards en 2007 qu'il était prêt à supprimer 74 000 emplois au niveau mondial. D'autre part, les absorptions

et restructurations de toute nature sont monnaie courante, que l'on pense au rapprochement de Nissan et de Renault, à la fusion de Chrysler et Benz, aux tentatives avortées de rapprochement de Fiat et de GM, de Renault et de Volvo, etc. De plus, chaque usine est spécialisée dans la construction d'un ou plusieurs modèles, et l'échec commercial d'un modèle est souvent la fin provisoire ou définitive d'une usine. En Europe, des usines disparaissent ainsi chaque année, avec les répercussions sociales que l'on connaît, et d'autres se créent sur de nouveaux marchés, par exemple ceux de l'Europe de l'Est.

■ L'intégration de l'amont

La réalisation de véhicules automobiles reste de toute façon un assemblage de composants et d'équipements de toutes sortes réalisés par un très grand nombre d'équipementiers et sous-traitants. Il va de soi que ceux-ci ont un avantage lorsqu'ils ne sont pas trop éloignés des usines de l'assembleur. La figure 1.16 montre bien le réseau des fournisseurs des usines Ford en Europe[1]. L'on imaginera facilement les flux d'équipements partant de chaque fournisseur vers l'une ou l'autre des usines mais il faudrait ajouter à un tel schéma les flux issus des fournisseurs de second rang, plus nombreux encore, vers les fournisseurs de 1er rang.

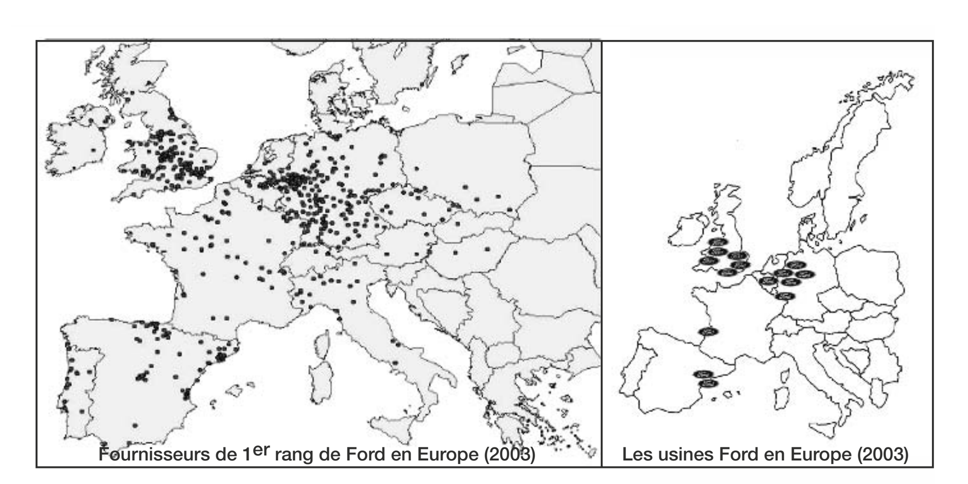


Figure 1.16 – Le réseau des fournisseurs des usines Ford en Europe.

Nous retrouvons là les racines de l'arbre industriel avec cette complication que chaque fournisseur peut livrer plusieurs usines Ford aussi bien que celles d'autres constructeurs.

□ Juste-à-temps et approvisionnement traditionnel

Les exigences de livraison en juste-à-temps des constructeurs à l'égard de leurs fournisseurs s'expliquent par l'intensification de la compétition internatio-

1. Cartes issues de documents internes Ford et reproduites dans la communication du professeur G. Paché, 2004 (*op. cit.*).

nale et l'intérêt de plus en plus grand porté aux méthodes de production et de gestion japonaises, en particulier au juste-à-temps (JAT).

On a ainsi assisté à un développement avec les fournisseurs d'une politique de petits emballages et de livraisons beaucoup plus fréquentes.

Ainsi, par exemple, alors que la politique d'achats de Renault est centralisée, les décisions étant prises au niveau de la direction achats, les programmes et ordres de livraison sont passés par les usines Renault. Il y a au minimum des programmes mensuels, des programmes hebdomadaires et une demande de livraison journalière pour le lendemain ou le jour même, donc un réajustement au jour le jour.

Renault, comme PSA, considère comme fournisseurs en JAT ceux qui sont soumis à des livraisons au moins journalières. Cette exigence de juste-à-temps est en cours de généralisation. Elle implique assez souvent de la part des équipementiers, la création d'entrepôts de proximité suffisamment proches de l'usine automobile pour éviter des problèmes d'approvisionnement au prix bien entendu d'un stock supplémentaire et d'une rupture du transport avec livraison à l'entrepôt puis navettes avec l'usine automobile.

Renault a un système d'ordres de livraison avec les différentes formes de livraisons en juste-à-temps, pluri-quotidiennes, comme le kanban, et quotidiennes jusqu'aux systèmes de flux synchrones.

☐ **Des flux synchrones aux PIF (parcs industriels fournisseurs)**

La livraison en flux synchrone est la forme la plus tendue de livraison en juste-à-temps.

C'est « la production et la livraison dans l'ordre où les voitures sont montées chez le constructeur, dans un temps imparti par le constructeur ». L'équipementier livre, dans le temps imparti par l'usine de montage, les quantités demandées de chaque équipement dans l'ordre qui lui a été fixé. Cette suite de produits fournis dans l'ordre du montage des différents véhicules dont la fabrication est programmée, vient se positionner sur la chaîne au moment nécessaire. Cette technique permet à l'usine du constructeur de n'avoir aucun stock. En revanche les équipementiers peuvent conserver certains stocks de sécurité car les pénalités en cas d'arrêt de la chaîne d'assemblage sont très lourdes. La fréquence des livraisons est très élevée, sans commune mesure avec les autres fournitures livrées en JAT, ce qui exige une logistique très pointue. Le flux synchrone concerne des fonctions coûteuses, des équipements à la fois volumineux et en grande variété (pour un même modèle de voiture plusieurs versions et plusieurs dizaines de références) comme les sièges, les lignes d'échappement, les boucliers, les réservoirs. Le nombre de fournisseurs concernés est faible car le coût d'un tel système est très élevé. C'est donc un système très astreignant, qui demande une grande rigueur, une formalisation de toutes les procédures dans les moindres détails, pour éviter tous les dysfonctionnements, et un vrai partenariat. La première expérience de flux synchrone en France a été réalisée en 1988, pour la livraison des sièges de la R19. Tous les modèles actuels de Renault ont des composants livrés en synchrone.

La mise en œuvre de telles techniques synchrones est bien entendu extrêmement délicate et, depuis la fin des années 1980, les constructeurs ont encouragé l'implantation d'unités de production dans l'environnement de leurs sites

de montage. Cette proximité géographique permet aux usines d'assemblage des constructeurs de nouer avec ces unités nouvelles qui leur sont dédiées des formes de coopération qui facilitent un processus d'apprentissage mutuel, et l'expérimentation de nouvelles formes d'organisation de la production et de gestion du travail.

Ce mouvement se poursuit, et il a pris des dimensions nouvelles avec la création de *parcs industriels fournisseurs* (PIF) dans l'enceinte des usines de montage des constructeurs. La France connaît quelques PIF comme Renault Sandouville ou Smartville. Le PIF de Renault Sandouville qui réunit 6 équipementiers avec 2 usines importantes et 3 usines plus petites, plus 1 petite unité de logistique, appartient au constructeur et est loué aux équipementiers. Le site de Smartville, conçu et construit pour accueillir à la fois l'usine de montage constructeur et celles de ses fournisseurs « partenaires », a été créé spécialement pour la fabrication d'un petit véhicule deux places, le coupé Smart City. En 2003, le site comprend 7 usines « partenaires », le constructeur Smart France et un logisticien.

☐ **Les sites multiclients des équipementiers**

De grands équipementiers développent au contraire, voire simultanément, une politique de sites multiclients avec un déploiement international. Cette forme de relations constructeurs-fournisseurs est aujourd'hui caractéristique d'un modèle anglo-saxon (Grande-Bretagne, États-Unis, Canada) qui suppose des relations marchandes « classiques », c'est-à-dire des achats sur catalogue de composants standard.

Ce modèle a débouché sur la constitution de groupes internationaux spécialisés de très grande taille, comme pour les moteurs (Perkins, Cummins), les boîtes de vitesses (ZF, Rockwell, Dana), etc. Ce type de relations d'approvisionnement est celui qui a longtemps prévalu pour les achats en première monte de batteries, pneumatiques et vitrages tant en Amérique du Nord qu'en Europe et au Japon, les constructeurs opérant par véritables appels d'offres pour faire jouer la concurrence.

Cependant depuis quelques années les grands équipementiers ont développé une organisation industrielle au niveau mondial avec des usines dans chaque pays, une spécialisation permettant d'obtenir de meilleurs prix de revient, le tout soutenu par des investissements importants en recherche et développement. Dans certains cas se créent des positions quasi monopolistiques de fournisseurs qui imposent alors leurs prix et leurs choix techniques : ce fut un moment par exemple le cas de Bosch pour les ABS. Avec la transformation profonde en cours de la technologie automobile et le développement de nombreux composants électroniques avancés, il est vraisemblable que cette évolution va se développer, les ensembliers ne pouvant prendre en charge tous les recherches et développements nécessaires. La coopération technique dès la conception devient alors un élément fondamental de la relation de partenariat avec des propositions de nouveautés faites à l'ensemblier et un travail d'ingénierie concourante pour adapter ces propositions au futur véhicule.

Une opposition existe désormais entre l'appel par l'ensemblier à des équipementiers qui développent leurs propres produits et l'appel à des sous-traitants réalisant dans une proximité géographique et/ou organisationnelle de l'ensem-

blier des produits que ce dernier a étudiés et définis dans des cahiers des charges très précis. On a ainsi voulu expliquer les difficultés du rapprochement de Chrysler et de Benz et de l'importante perte de valeurs qui en est résultée, le premier relevant de la première catégorie et le second de la deuxième. Ce sont en effet deux cultures différentes de *supply chain*.

Bien entendu, ces coopérations très fortes entre équipementiers et ensembliers de la conception à la mise en œuvre supposent entre les uns et les autres tout un ensemble de procédures, affinités et interfaces informatiques que la doctrine qualifie souvent de « proximité organisationnelle » ou relationnelle. Le chapitre 17 consacré à l'informatique traite au moins sommairement de ces systèmes de relations dont quelques-unes spécifiques de l'automobile comme les normes Odette. Le débat reste cependant ouvert dans la doctrine entre la nécessité d'une proximité géographique ou, au contraire, la possibilité d'y substituer avec des résultats comparables une proximité organisationnelle, informatique et « circulatoire » (réseaux de transport).

■ L'aval : contrôle de la distribution automobile

La distribution automobile est actuellement contrôlée par les constructeurs automobiles par l'intermédiaire de leurs sociétés de distribution et de leurs réseaux de concessionnaires exclusifs. C'est un des rares exemples de *supply chains* entièrement dirigées par les fabricants. Trois branches de cette activité sont en général distinguées :

– la vente aux particuliers par l'intermédiaire de concessionnaires exclusifs – en attendant d'ici peu les revendeurs multi-marques préconisés par l'Union européenne ;

– la vente aux loueurs de voitures ;

– la vente aux autres gérants de flottes automobiles (grandes entreprises par exemple ou sociétés de gestion de flottes).

On notera que les concessionnaires assurent à la fois la vente des automobiles, leur entretien dans le cadre ou non de garanties et la vente des pièces de rechange pour lesquelles les fabricants conservent encore actuellement une certaine exclusivité. Des sociétés de financement permettent aux concessionnaires de réaliser un certain crédit. Sur un plan strictement logistique les sociétés de distribution, filiales des fabricants, assurent le transport primaire des usines aux parcs de réception, la mise en état et le transport secondaire jusque chez les concessionnaires.

Cette brève présentation de l'urbanisme industriel des constructeurs automobiles sera naturellement développée dans les différents chapitres de ce livre du simple fait que l'industrie automobile est à l'origine d'un grand nombre d'innovations logistiques. On présentera au chapitre 6 les palettes Galia (Groupement pour l'amélioration des liaisons de l'industrie automobile) entre les équipementiers et les assembleurs, toutes les méthodes de l'École de Toyota (JAT, kanban, TPM, SMED, poka-yoke, etc.) et au chapitre 8 leurs applications à l'industrie automobile. On trouvera aussi les techniques de conception et d'amélioration de la fiabilité, AMDEC par exemple, de gestion de la maintenance, de management des pièces de rechange dans le chapitre 13, à propos du soutien dans les chapitres 10, 11 et 12. Le chapitre 14 sur la logistique inverse s'ouvre sur le recyclage des véhicules hors d'usage (VHU), nouveau

souci des producteurs d'automobiles. Le chapitre 17 consacré à l'informatique logistique présente l'EDI (échange de données informatisées) à travers les normes Odette du groupement Galia. Nous retrouverons donc l'industrie automobile tout au long de cette description progressive des techniques logistiques.

1.6 Les principes logistiques de base au sein des réseaux

Tout système complexe demande une double analyse : structure et fonctionnement, anatomie et physiologie. Il en est de même des réseaux logistiques dont l'analyse permet de mettre en lumière un certain nombre de principes qui résultent de la nature même des opérations concernées par la logistique et de leur imbrication.

1.6.1 Le théorème fondamental de la *supply chain*

Il y a même un phénomène d'une extrême importance dans le fonctionnement de n'importe quelle *supply chain*, c'est le fait que si chacun des participants cherche à optimiser sa gestion, l'ensemble de la chaîne n'est pas optimisé, loin de là. On l'appelle souvent le *théorème fondamental de la supply chain* ou parfois l'*effet Forrester*, du nom de son premier inventeur.

Le théorème fondamental de la *supply chain* veut que plus l'on s'éloigne du consommateur final (vers l'amont) et plus la variabilité des commandes augmente.

Concrètement, si surviennent de petites modifications de la demande finale, les commandes des détaillants aux grossistes deviennent très fluctuantes, les commandes des grossistes aux fabricants deviennent chaotiques et le fabricant passe une partie de son temps en chômage technique et une autre à

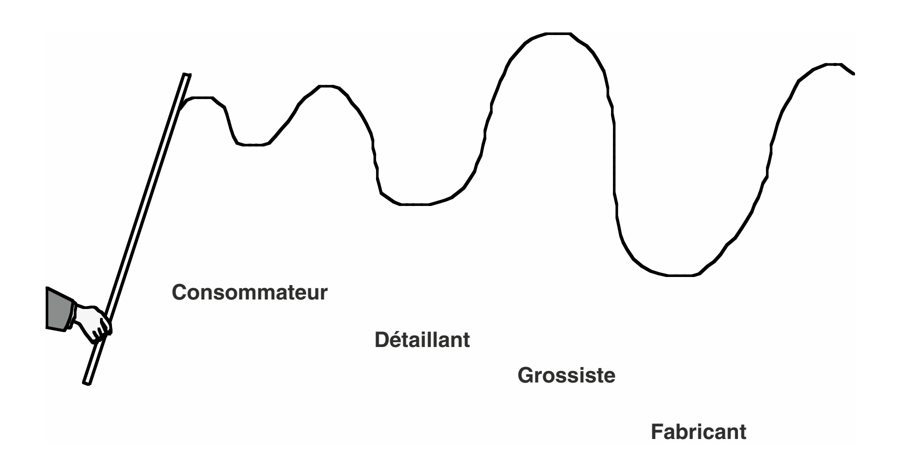


Figure 1.17 – Courbe en forme de fouet représentant la consommation depuis le consommateur final jusqu'au producteur.

essayer de produire des quantités beaucoup plus importantes qu'il ne peut en produire. Aux États-Unis, ce phénomène est souvent appelé « effet de fouet à bœufs » (*bullwhip effect*), car la courbe qui montre l'augmentation de la variabilité des commandes au fur et à mesure que l'on remonte vers l'amont la *supply chain* en partant de la demande finale ressemble assez à ces grands fouets tels qu'ils apparaissent dans les westerns (voir chapitre 4, § 4.1.1).

Là encore le remède est, comme on le verra, dans un partage d'informations et une collaboration entre les participants à la *supply chain*.

1.6.2 Distinction entre flux tirés et flux poussés

Cette distinction est apparue en gestion de production avec l'irruption du concept de juste-à-temps et l'École de Toyota[1]. On peut cependant l'étendre à l'ensemble de la *supply chain*.

■ Technique des flux poussés : le théorème d'Orlicky

C'est la technique traditionnelle qui consiste pour chaque entreprise, voire pour chaque service de l'entreprise, à effectuer ses propres prévisions et à fabriquer ou acquérir les produits correspondants :

– le service commercial qui gère le magasin de produits finis réalise des prévisions et passe commande à la production des produits finis qui lui paraissent nécessaires pour recompléter son stock ;

– les ateliers de production lancent les programmes de production correspondants et produisent en tenant compte également de la disponibilité des machines et des hommes ;

– les magasins de produits de base et de composants lancent des programmes d'achat en tenant compte de l'état de leurs stocks et de leurs propres prévisions de besoin ; on peut se demander pourquoi ils ne tiennent pas compte du programme de production mais cela supposerait qu'ils disposent d'une analyse précise des besoins en matières premières et en composants correspondant à ce programme de production et il faudra attendre la disposition de nomenclatures précises et de programmes informatiques *ad hoc* pour arriver à ce résultat avec le MRP ;

– les sous-traitants lancent de la même façon leurs propres programmes de production avec les mêmes méthodes cependant qu'en amont, les grossistes passent leurs commandes au fur et à mesure que leurs stocks évoluent, pendant que les détaillants commandent aux grossistes au jour le jour ou périodiquement ce qui leur paraît nécessaire pour regarnir les rayons dans les jours prochains.

Le théorème fondamental de la *supply chain* joue alors à plein et les variations de besoins qui s'accroissent au fur et à mesure que l'on remonte la *supply chain* conduisent à des processus non maîtrisés, causes de ruptures de stock, d'arrêts de production ou au contraire de périodes de productions intensives à

1. Nous appelons « École de Toyota » les principes et méthodes (juste-à-temps, *kanban*, TQC, TPM, SMED, etc.) mises en avant dans les années 80 et 90 par M. Ohno, directeur technique de Toyota, et certains de ses consultants.

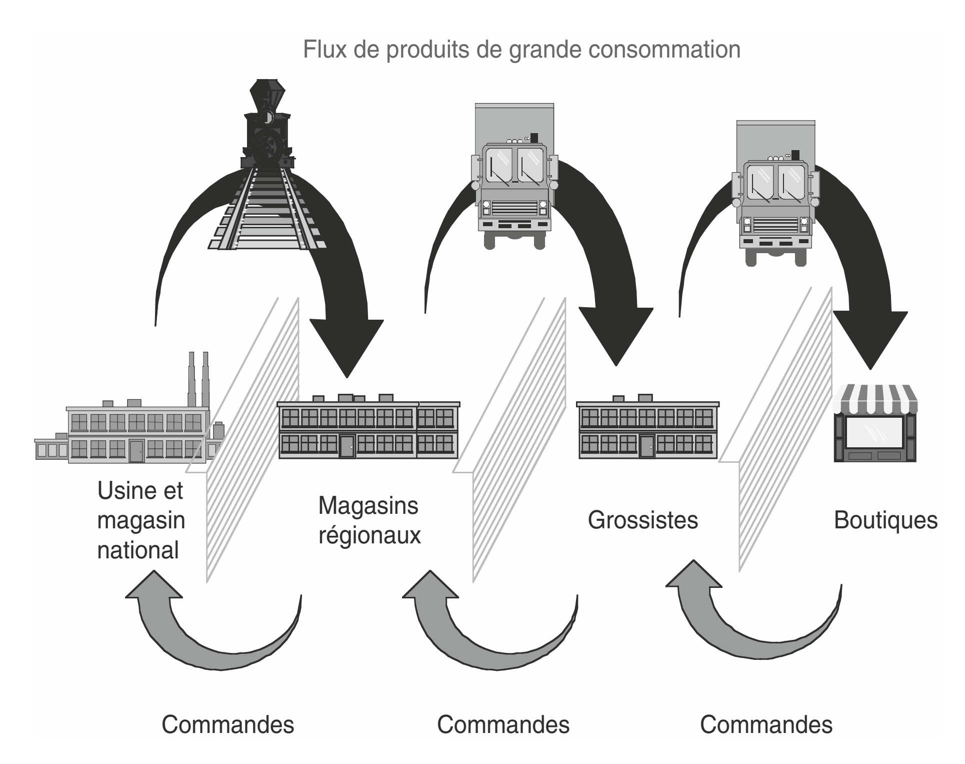


Figure 1.18 – Les murs de la *supply chain*.

coût d'heures supplémentaires et de transports en urgence donc coûteux, etc. En période de crise, la *supply chain* met longtemps à freiner et les invendus s'accumulent alors que quand survient la reprise, la chaîne met longtemps à retrouver sa capacité maximale de production.

On représente souvent cette situation par des murs qui séparent les différentes étapes de la *supply chain* pour montrer que les différentes entreprises ne communiquent qu'à travers des commandes et s'ignorent les unes les autres dans la situation traditionnelle (figure 1.18). Mais l'on pourrait souvent représenter ces murs symboliques entre les différents services d'une même entreprise… Le théorème fondamental de la *supply chain* montre comment la variabilité des commandes s'accroît, plus on s'éloigne de la demande finale.

On peut noter que tous les besoins n'ont pas à faire l'objet d'une prévision. Orlicky distingue deux types de besoins :

– les « besoins indépendants », encore appelés « externes » qui naissent en dehors de l'entreprise et expriment une demande que l'on ne maîtrise pas ;

– les « besoins dépendants » ou « internes » que l'on peut déterminer à partir des besoins indépendants ; par exemple, si l'on a déterminé la demande d'un produit que l'on fabrique pour une certaine période, on peut en connaissant les composants de ce produit et les modes de fabrication déterminer ce dont on aura besoin comme composants et matières premières pour produire ce qui permettra de satisfaire la demande pendant cette période.

Ce qu'on peut appeler le théorème d'Orlicky est alors :

– les besoins indépendants ne peuvent être qu'estimés,
– les besoins dépendants peuvent et doivent être calculés.

Ce sont les principes de base du MRP et du DRP.

■ Flux tirés à travers des stocks successifs

A priori la distinction entre les flux poussés et les flux tirés à travers des stocks successifs n'est pas évidente. Dans les deux cas, il y a des stocks mais le concept dit de juste-à-temps, qui est à la base de ces flux tirés, établit une différence particulièrement dans les processus de production.

□ Le principe des supermarchés

M. Ohno, l'ancien directeur de Toyota qui est à l'origine du juste-à-temps et du *kanban*, fait explicitement référence aux supermarchés comme un des points de départ de la réflexion qui l'ont conduit à inventer le *kanban*. Dans un supermarché, il existe des stocks en linéaires auprès desquels les clients viennent remplir leurs caddies. Ces stocks sont calculés au plus juste de façon à suffire aux besoins de la journée ou parfois moins et chaque soir, ou plus souvent, le chef de rayon veille à déterminer ce qui manque pour les regarnir, soit à partir d'un arrière magasin, soit très tôt le lendemain matin à partir d'une plate-forme régionale du distributeur ou du producteur. Il y a bien un stock mais minimal et l'on s'efforce de le réduire ou, ce qui revient au même, de réapprovisionner très souvent. La plate-forme du distributeur ou l'arrière-magasin sont gérés dans la même optique de juste-à-temps en s'efforçant d'avoir là encore un stock minimum réapprovisionné dès qu'il tombe en dessous de ce qu'on a déterminé.

□ Le kanban

Le *kanban*, ce système de gestion de production popularisé par Toyota, repose sur le même principe. Auprès de chaque poste de travail, il y a en permanence un petit stock d'en-cours répartis en unités élémentaires, caisses ou palettes, les *kanban* ; chaque fois qu'un *kanban* est entamé, une fiche est envoyée au poste de travail qui a fabriqué cet en-cours pour qu'il produise un nouveau *kanban* appelé à remplacer celui qu'on entame. Ainsi la demande à la sortie de l'usine se répartit automatiquement à travers l'usine pour que l'on fabrique les en-cours qui, de proche en proche, permettront de remplacer le produit sorti de l'usine.

Bien entendu, un tel système peut s'étendre au-delà des ateliers de l'usine en amont pour que les fournisseurs de composants livrent des *kanban* au fur et à mesure des besoins de l'usine et l'on dit alors que les sous-traitants travaillent en juste-à-temps, ne produisant que ce qui est nécessaire pour remplacer les en-cours de l'usine d'assemblage ; ils peuvent même travailler en « synchrone » s'il n'y a aucun autre stock intermédiaire, de telle sorte qu'ils ne lancent une tâche que lorsqu'apparaît le besoin de l'assembleur. En aval, l'usine peut ne produire que ce qui est commandé par des clients, et ce fut un des objectifs de la mise en place du *kanban* dans les usines Toyota de ne plus jamais avoir de véhicules invendus sur les parkings de l'usine.

De tels systèmes posent de délicats problèmes de synchronisation. D'abord, il faut que les flux aient une certaine régularité pour déterminer la taille et le

nombre des *kanban* nécessaires sur chaque poste sans que des variations de la demande ne mettent en danger le système. En outre, il faut que les délais de production et de livraison soient courts. Le client ne peut attendre plusieurs mois que le produit qu'il a commandé soit fabriqué, par exemple parce que certains composants proviennent de l'Asie du Sud Est ou demandent des délais de fabrication importants. Dans l'industrie automobile qui est à l'origine de ces techniques, il a fallu accélérer toutes les procédures et réduire les temps de fabrication et d'assemblage, et tous les composants n'ont pu entrer dans le système. La réalisation d'un moteur en fonderie ne peut techniquement être réalisée dans des délais très courts.

Le *kanban*, et plus généralement le juste-à-temps, ont joué un rôle important dans l'évolution logistique de ces dernières années moins par leur technique que par deux ouvertures qu'ils ont apportées :

– la possibilité de coordonner les flux au sein de l'entreprise depuis le stock de produits finis de l'usine jusqu'aux stocks de composants en passant par tous les ateliers des lignes de production ;

– au-delà de l'usine elle-même, l'ouverture qu'il a apportée dans les rapports entre l'entreprise industrielle et ses sous-traitants. Le juste-à-temps a manifesté qu'il était désormais possible de coordonner des flux entre entreprises différentes et que la coordination logistique ne s'arrêtait plus aux portes d'une usine.

■ Flux tirés par les prévisions de la demande finale

En principe, *kanban* et juste-à-temps rendaient inutiles des prévisions puisque la coordination des flux pouvait désormais se faire au fur et à mesure de la production. En réalité, aucun juste-à-temps n'est intégral et même chez Toyota, on fait des prévisions pour préparer des plans de production.

Mais avant même le *kanban*, un autre concept était apparu qui devait faire le tour du monde : le MRP. Si l'on est capable de prévoir la demande finale d'une usine, alors on doit être capable de prévoir les composants dont on aura besoin pour réaliser cette demande. Il suffit pour cela de disposer de nomenclatures et de gammes de fabrication suffisamment précises pour analyser chaque produit fini en ses composants élémentaires et remonter ainsi virtuellement la chaîne de production. La technique du *Material Requirement Planning* devenue ensuite celle du *Manufacturing Resources Planning* allait permettre de remonter des prévisions de vente de l'usine aux prévisions de production par atelier et aux prévisions de besoins de l'usine auprès de ses fournisseurs.

Sur le même principe apparaissait ensuite le DRP (*Distribution Requirement Planning*) qui, à partir d'une prévision aussi précise que possible des besoins de chaque client pour chacune des périodes à venir, permettait de déterminer selon le même principe les besoins de chaque entrepôt régional du producteur, puis de chaque usine – dans une configuration multi-usines. Le MRP prenait alors la relève du DRP pour déterminer les besoins des fournisseurs de l'usine qui pouvaient à leur tour utiliser le MRP dans le même but. On était alors capable de remonter toute la chaîne logistique en faisant des prévisions justifiées à partir des prévisions de la demande finale. Le théorème fondamental de la *supply chain* montre alors qu'en partant de prévisions de la demande finale on obtient une moindre variabilité des prévisions et donc des programmes beaucoup plus efficaces que par toute autre méthode.

■ Flux tirés et poussés

En réalité, les processus industriels sont le plus souvent tirés et poussés. Sur le schéma de la *supply chain* figure 1.19, une production se déroule en trois phases et le délai de livraison au client est inférieur au délai total « appro + production + livraison » : on ne peut donc produire à la commande et il faut produire sur stock. On pourrait livrer sur le stock de produits finis mais il peut être intéressant de constituer le stock à la fin de la phase 2 de production qui laisse le temps de réaliser la phase 3 et de livrer dans les temps. On constituera donc le stock entre la phase 2 et 3 ce qui permet, par exemple, d'avoir un stock de produits semi-finis que l'on adapte aux différentes commandes : on parle alors de *post-manufacturing*. C'est assez classique chez les assembleurs d'ordinateurs qui réalisent chaque configuration en fonction de la commande du client (Dell par exemple), ou qui préparent les commandes en distinguant le clavier et la documentation selon la langue du client.

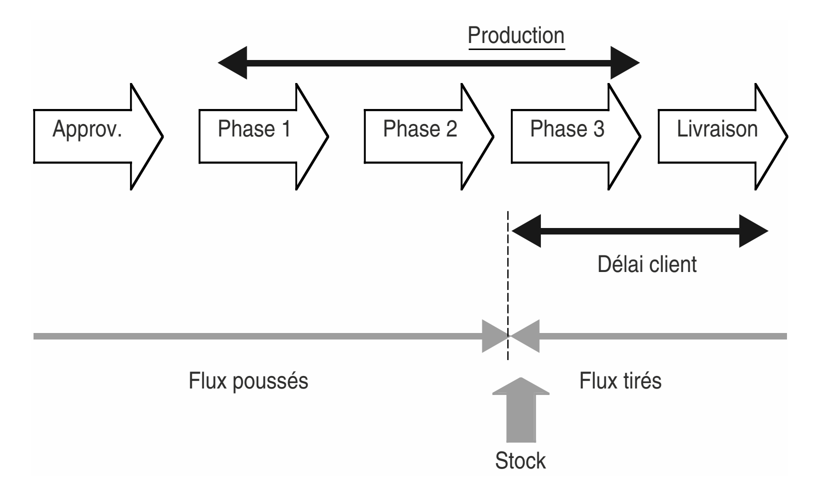


Figure 1.19 – La *supply chain* : détermination du stock par le délai client.

On a alors un flux poussé à partir des prévisions jusqu'à la fin de la phase 2, avec un rythme qui peut être hebdomadaire ou même mensuel, et un flux tiré par les commandes des clients en juste-à-temps quotidien au-delà. Le stock entre les deux flux est nécessaire pour compenser les incertitudes de la prévision. L'automobile ou l'agro-alimentaire fournissent de nombreux exemples de flux poussés et tirés.

1.6.3 Le principe de massification des transports

■ Principes de tarification des transports

Ce principe d'action résulte de ce constat simple que les coûts unitaires de transport – à la tonne par exemple – ne sont pratiquement jamais proportionnels aux volumes ou poids transportés mais diminuent avec eux beaucoup plus que proportionnellement.

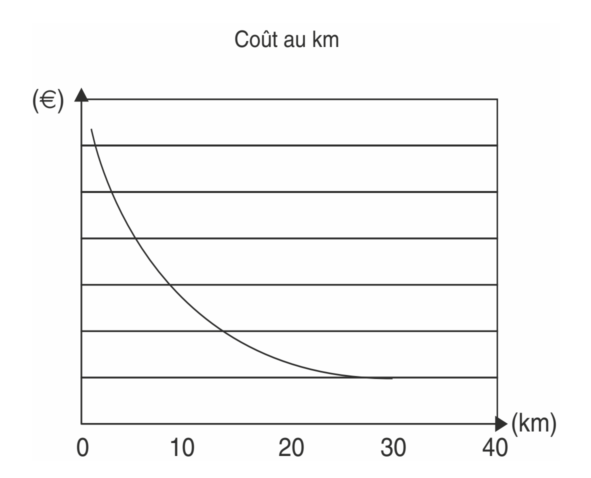


Figure 1.20 – Variation des coûts en fonction du poids.

Le coût d'un transport dépend du moyen de transport utilisé, de la quantité ou du volume transportés avec ce moyen de transport et de la distance parcourue par ce moyen de transport et son chargement.

Mais le coût de ce transport n'est ni proportionnel au poids et volume transportés, ni proportionnel à la distance parcourue. Par exemple, les coûts de transport avec un camion augmentent peu avec le poids ou le volume tant que l'on n'a pas atteint le tonnage et le volume maximaux, ce qui revient à dire que moins le poids ou le volume sont importants et plus le coût unitaire à la tonne, par exemple, augmente exponentiellement et non proportionnellement. La décomposition analytique des coûts fixes et coûts variables de transport de palettes en fonction du nombre de palettes transportées permet d'aboutir à la figure 1.20 dont l'allure de la courbe est très significative.

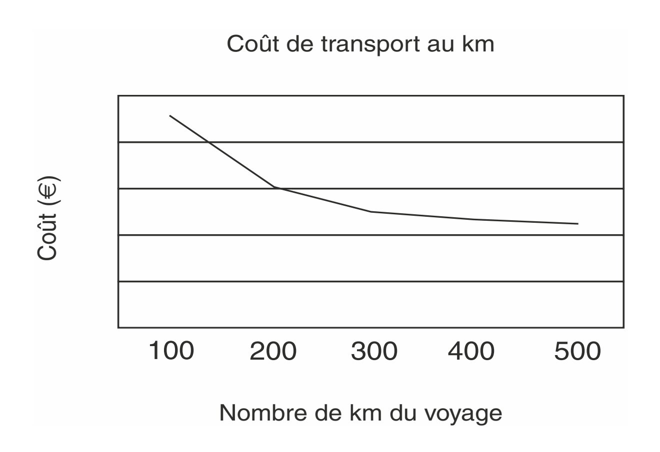


Figure 1.21 – Variation des coûts en fonction du kilométrage.

Il en est de même réciproquement de l'incidence du kilométrage parcouru lors d'un voyage, sur le coût au kilomètre. Le chargement et le déchargement constituent à cet égard des coûts fixes qui se répartissent entre les kilomètres parcourus en outre des coûts de carburant ou d'usure au kilomètre. La figure 1.21 extraite de la tarification routière de référence montre bien que les coûts au kilomètre sont loin d'être proportionnels.

Les coûts réels en fonction du kilométrage sont d'ailleurs un peu plus compliqués, comme on le verra par la suite, en tenant compte des nombres d'heures de conduite et des coefficients de remplissage des camions.

Les deux graphiques suivants montrent la corrélation entre la distance kilométrique et le coût en euro pour un camion complet et l'impact du taux de remplissage du camion sur le coût de transport via le ratio forfaitaire. Un calcul simple est donné en exemple pour montrer l'impact sur le coût réel (figure 1.22).

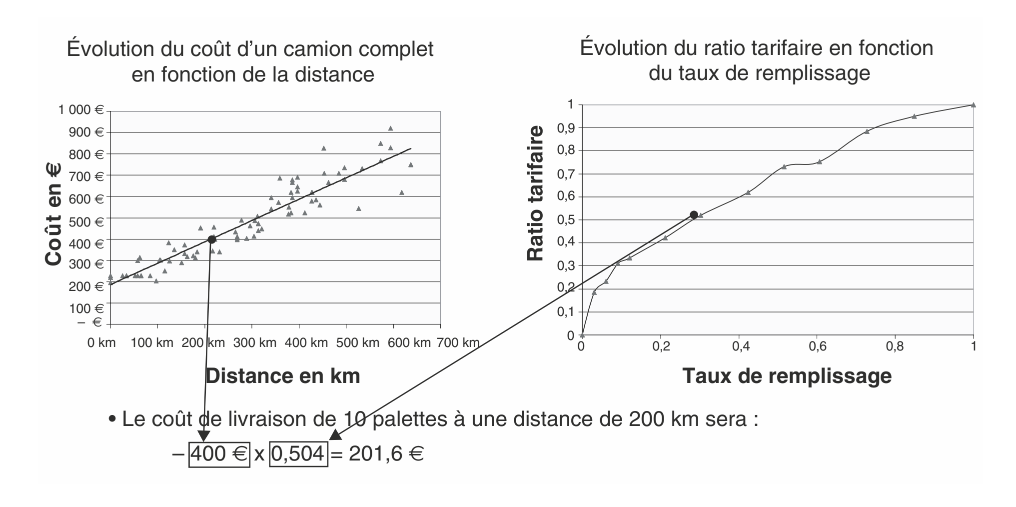


Figure 1.22 – Corrélation entre les coûts et la distance kilométriques.

Tout cela conduit à dire qu'il vaut mieux faire rouler des camions pleins que des camions vides ! Cela est évident mais le caractère de non-proportionnalité implique que l'on doit toujours essayer de massifier les transports dans la limite des chargements de camions, wagons, péniches, etc. Or en pratique, c'est loin d'être le cas et beaucoup de politiques de gestion de stocks ou de juste-à-temps vont plus ou moins en sens inverse.

■ Première application du principe : l'utilisation de plates-formes

Afin de remplir les camions sur la plus grande distance possible, on peut utiliser systématiquement des plates-formes de regroupement et dégroupement. C'est le cas dans ce qu'on appelle en France le transport de monocolis ou messagerie. Les spécialistes de ce transport utilisent donc des plates-formes dispersées sur tout leur territoire d'intervention et à partir desquelles ils organisent des tournées de « ramasse », pour ramasser les marchandises à transporter vers différentes destinations. Les colis ramassés sont triés par destination. On

notera que selon l'usage français, un colis est un ensemble à transporter de moins de 300 kg à ne pas confondre donc avec un paquet. Mais les paquets ou petits colis sont acheminés selon le même principe à travers des réseaux de plates-formes appelées *hubs* en américain. Les colis rassemblés sur une plate-forme de ramasse et destinés à une même destination sont rassemblés dans un ou plusieurs camions de façon à massifier le transport de longue distance, souvent appelé « traction ». À l'arrivée sur la plate-forme de distribution, les colis arrivant de différentes plates-formes d'expédition sont retriés par destinataire et l'on organise des tournées de distribution pour les livrer. Bien entendu, les plates-formes de distribution et de ramasse sont souvent les mêmes avec une programmation de leur activité dans le temps (figure 1.23).

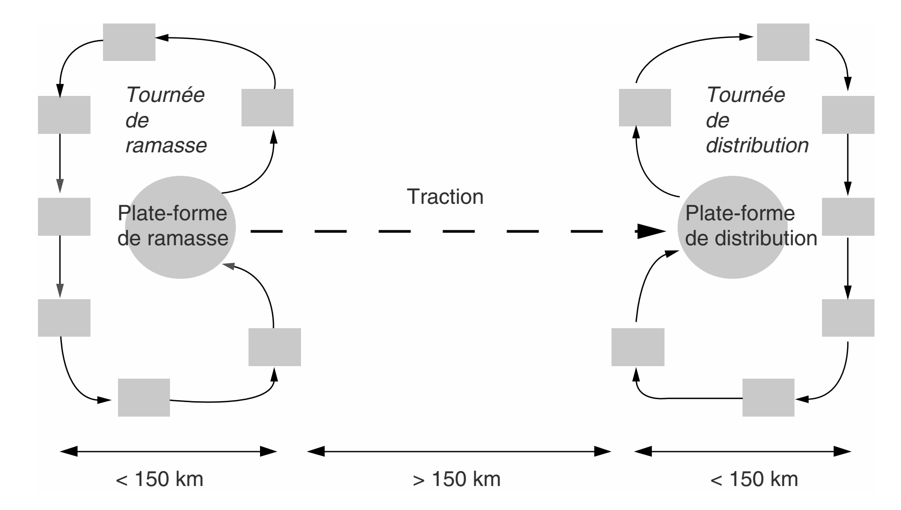


Figure 1.23 – Organisation des transports en monocolis.

Ce principe d'utilisation de plates-formes se justifie si le coût des opérations successives de ramasse, tri, traction, tri et livraison n'est pas plus cher pour l'ensemble des colis traités que l'expédition directe. On peut avoir des expéditions avec une seule plate-forme : par exemple, un fabricant expédiera directement un camion complet vers une plate-forme de distribution, par exemple celle d'un distributeur qui livrera ses supermarchés et hypermarchés à partir de sa propre plate-forme régionale. Pour que le coût du passage par plate-forme ne soit pas trop élevé, on a intérêt à procéder à l'« allotement » au départ de l'usine. L'allotement est la préparation d'une commande pour son destinataire final. Ainsi, en préparant directement depuis l'usine, la commande d'un supermarché, les produits correspondants transiteront sur la plate-forme sans qu'on ait à défaire des emballages, extraire des quantités de produits (*picking*), les réunir et les conditionner, toutes opérations coûteuses. On parle alors de *cross-docking* sur la plate-forme (traversée).

Dans la réalité, on trouve en concurrence toutes les solutions possibles. Un même camion peut charger successivement sur plusieurs sites pour aller livrer une plate-forme éloignée. Un autre peut charger en un seul site, une usine par

exemple, et aller livrer successivement plusieurs plates-formes d'une même région éloignée. Dans le cas de messageries express, souvent multimodales, le schéma prend la forme d'un réseau dont les sommets sont des *hubs* soit internationaux, soit de commutation.

Certains distributeurs demandent à leurs fournisseurs des prix départ usine et des prix franco plates-formes ou franco lieux de vente pour comparer les différentes solutions et rechercher la moins onéreuse, bien qu'il faille tenir compte des coûts fixes des plates-formes et des volumes maximaux qu'elles peuvent traiter.

La figure 1.24 montre donc les différentes façons que peut avoir un fournisseur de livrer un hypermarché :

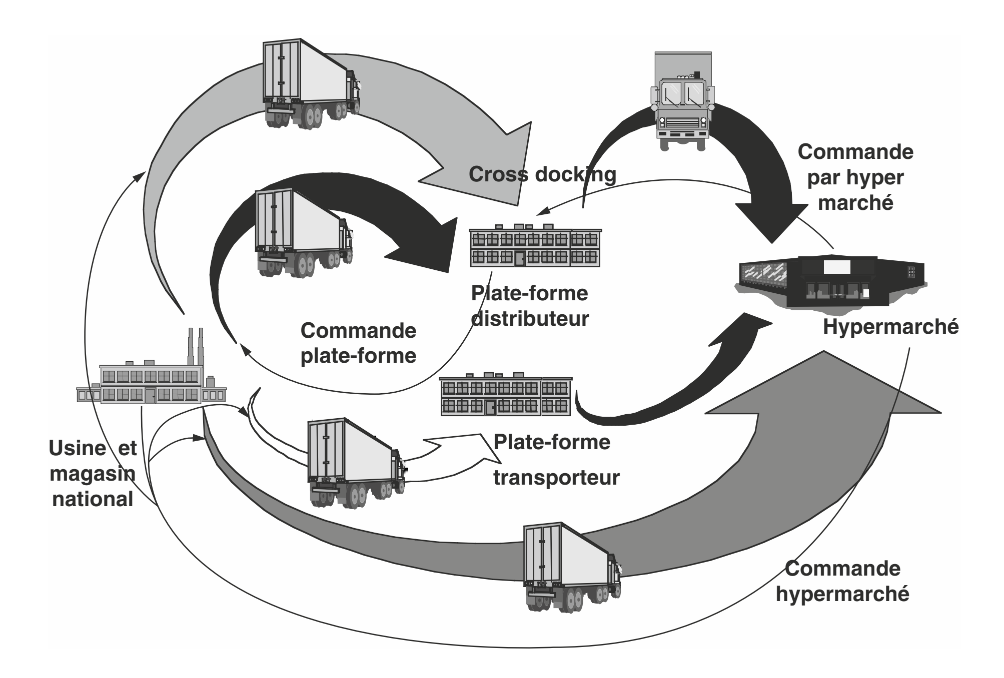


Figure 1.24 – Transport des produits allotis.

– il peut recevoir la commande de l'hypermarché directement avec l'obligation de préparer cette commande. On notera que pour simplifier, nous avons supposé que l'usine et l'entrepôt producteur étaient confondus ce qui est loin d'être toujours le cas ;

– il peut la livrer directement s'il n'est pas trop éloigné et/ou si la quantité commandée est suffisante. C'est ce qu'on a représenté par une flèche gris foncé tout en bas ;

– il peut la livrer par l'intermédiaire d'une plate-forme de son transporteur ou de son opérateur logistique, soit en la préparant dès l'usine et le transporteur ne fait que du *cross-docking* sur sa plate-forme, soit en laissant au transporteur le soin de faire la préparation de la commande sur sa plate-forme avant de la livrer. C'est ce qu'on a représenté par une flèche gris clair et gris foncé ;

– s'il en est ainsi convenu entre le fournisseur et le distributeur par exemple dans le cadre d'un contrat ECR, il peut livrer la commande allottie de chacun des supermarchés à la plate-forme du distributeur qui procédera au *cross-docking* et aux livraisons. C'est ce qu'on a représenté par une flèche gris clair ;

– il peut recevoir la commande regroupée pour les besoins de la plate-forme qui procédera elle-même à la préparation des expéditions (allotissement). C'est ce que représente la flèche noire entre l'usine et la plate-forme distributeur.

Bien entendu, chacune de ces solutions logistiques ne représente pas le même coût pour le distributeur et pour le fournisseur.

■ **Deuxième application du principe : l'optimum Stock/Quantité de commande**

On peut remarquer que les transports ont un coût unitaire d'autant plus faible que la quantité transportée est grande, comme on l'a vu, et donc décroissent avec les quantités commandées, et que les stocks ont eux aussi un coût qui dépend de la quantité stockée, et donc croissent avec la quantité commandée puisque plus on commande et plus on a de stock ou, ce qui revient au même, plus souvent on commande de plus petites quantités et moins on a de stock. Avec deux valeurs qui varient en sens inverse, on peut se demander s'il n'existe pas un optimum pour lequel la somme des deux coûts sera minimale.

Il existe donc une méthode classique pour déterminer le cycle de réapprovisionnement au coût minimum. On l'appelle la *formule de Wilson* et on ne l'utilise pas seulement pour la gestion des stocks mais aussi pour déterminer des séries économiques en production.

Sans entrer dans le détail de cette méthode présentée au chapitre 3, on peut représenter facilement cette fonction sur un exemple avec la figure 1.25.

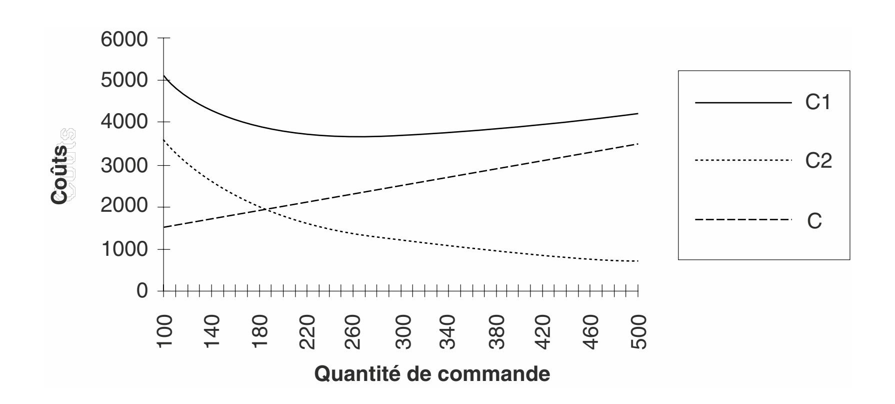


Figure 1.25 – Formule de Wilson.

La courbe de coût (C) en fonction de la quantité commandée – inversement proportionnelle au nombre des commandes – est la somme de deux courbes de coût :

– l'une croissante et linéaire (C1), qui représente les coûts de possession du stock d'autant plus élevés que la quantité de commande augmente et donc que le stock est plus important ;

– l'autre décroissante (C2), qui représente les coûts de commande d'autant plus faibles que la quantité de commande est importante et que donc le nombre de commandes est plus faible.

La courbe C2 ne représente pas le plus souvent des coûts de transport mais des coûts dits de passation de commande, qui n'ont d'ailleurs plus grand sens depuis que les commandes sont automatisées et passées en EDI. On pourrait cependant admettre qu'elle représente des coûts de transport et faire alors le calcul.

Il y a bien un optimum, là où la courbe (C) est minimale mais malheureusement, cet optimum est le plus souvent plat… D'autre part, il est évident que les deux fonctions ne varient pas de cette façon régulière : quand un camion est plein, les coûts unitaires croissent à nouveau brusquement (2e camion) pour décroître ensuite… Les coûts d'un voyage ne dépendent pas seulement du nombre de kilomètres parcourus mais aussi de la durée du transport. En effet, le transport routier obéit à des règles de temps de conduite des conducteurs :

– le temps de conduite journalière maximal est de 9 heures avec une possibilité de 10 heures deux jours par semaine. Si l'on dépasse les 9 heures, il convient de prendre un repos de 11 heures consécutives par 24 heures ou 9 heures consécutives au maximum trois fois par semaine ;

– le temps de repos journalier est de 9 heures (autorisé trois fois par semaine) ;

– la durée maximale de conduite continue est de 4 heures et demie, ce qui impose une interruption obligatoire de 45 minutes.

Il en résulte que les coûts fixes d'immobilisation du camion et de son chauffeur doublent lorsque le voyage passe d'un à deux jours, c'est-à-dire quand en fonction du kilométrage, des vitesses autorisées par nature de transport et type de route, des temps de chargement et déchargement, des temps d'interruptions obligatoires, on dépasse la durée journalière autorisée. La courbe des coûts en fonction du kilométrage est alors du type de la figure 1.26.

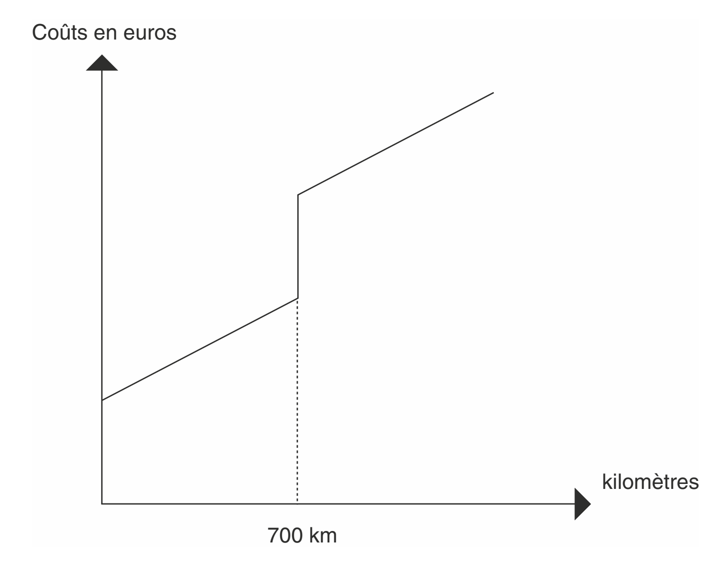


Figure 1.26 – Exemple de coût d'exploitation en fonction du kilométrage sur un trajet.

La formule de Wilson qui concrétise le modèle de la figure 1.25 n'est pratiquement plus utilisée dans les entreprises pour toutes sortes de raisons discutées dans le chapitre 3. Elle fait cependant encore les bonnes pages de nombreux manuels et on ne peut l'ignorer. Il peut y avoir des cas d'ailleurs où son application présente un intérêt.

■ Troisième application du principe : regroupement sur des plates-formes fournisseurs

Le système de messagerie (monocolis) permet à l'aide de plates-formes de réaliser une massification des transports sur la partie « traction », encore faut-il pouvoir rassembler les marchandises. Les systèmes de plates-formes de distributeur permettent d'organiser des tournées de distribution économiques jusqu'à l'arrière-magasin de chaque surface de vente. Il faut cependant rassembler sur les mêmes palettes ou *rolls* des produits allotis dans l'entrepôt de divers fabricants pour les expédier jusqu'à l'arrière-magasin puis là, retrier les produits pour constituer le réassortiment de chaque linéaire. On pourrait imaginer que plusieurs fabricants voisins géographiquement et qui approvisionnent les mêmes chaînes de distribution gèrent leurs stocks dans le même entrepôt et procèdent à des allotements simultanés à destination de chaque surface de vente par rayon ; cela leur permettrait de constituer des palettes ou des *rolls* par élément de linéaire qui faciliteraient la mise en rayons de produits de diverses origines. On réaliserait alors une sérieuse économie de transport et surtout de manutention. Il y a en effet des liens étroits entre transport et manutention et il ne suffit pas de rassembler des produits dans un camion, encore faut-il tenir compte des emballages, des modes de constitutions des palettes et des *rolls*, de l'ordre de chargement et de déchargement de chaque camion et des opérations de manutention tout au long de la *supply chain*.

1.6.4 Le principe logistique $\sqrt{n}$

Ce principe est aussi important que le théorème fondamental de la *supply chain*. Il découle du principe statistique de proportionnalité de la variance et non de l'écart-type lorsqu'on cherche à déterminer l'écart-type d'une demande regroupée (voir chapitre 7). Il en résulte cela :

La variabilité d'une demande regroupée n'est pas proportionnelle au nombre d'unités regroupées mais à la racine de ce nombre :
– lorsque n entrepôts identiques ont chacun un stock de sécurité s, le fait de les rassembler demande un stock de sécurité de $s\sqrt{n}$ et non de $s \,.\, n$
– lorsque la variabilité de la demande pour une période de temps est σ et impose un stock de sécurité s, la variabilité pour n périodes de temps n'est pas $\sigma \,.\, n$ mais $\sigma\sqrt{n}$ et n'impose qu'un stock de sécurité de $s\sqrt{n}$

Il en résulte que si l'on considère qu'un stock est composé d'un « stock outil » qui sert à remplir sa fonction normale et d'un stock de sécurité destiné à se protéger contre la variabilité de la demande, le stock outil peut être proportionnel à l'activité d'un magasin, mais le stock de sécurité ne l'est pas et on réduit fortement les stocks, et donc leur coût, en les regroupant si le regroupement

n'élève pas les frais de transport au-delà de ce gain. Ce qui est vrai pour le stock de sécurité l'est d'ailleurs aussi pour les coûts de gestion et de manutention. Les grands entrepôts sont plus rentables que les petits.

En sens inverse, ce principe a aussi des conséquences avec la multiplication du nombre des produits fabriqués. Lorsqu'un produit dont on vendait par exemple 300 par période est remplacé par trois autres, sans augmentation du montant global des ventes, on peut craindre une augmentation importante du stock. En effet, si ce produit avait un stock de sécurité de 100, lorsqu'on le remplace par trois produits, le stock de sécurité pour les trois produits est de 3 (100 fois racine de 1/3) = 3 × 58 = 173. Il n'y a pas bien entendu que le stock de sécurité à considérer mais cette augmentation de 73 % du stock de sécurité est importante[1]. Or, entre 1980 et 2000, le nombre des références a été multiplié par 2,2 dans la grande distribution. Cet effet mécanique d'augmentation des stocks peut donc être un phénomène important.

1.6.5 Le principe d'explosion des coûts avec la descente de l'arborescence logistique

On a vu que la chaîne logistique est aussi et surtout une arborescence. Une seule usine livre plusieurs plates-formes. Chaque plate-forme livre plusieurs supermarchés ou hypermarchés. Chacun de ces établissements fournit un grand nombre de consommateurs qui doivent individuellement transporter les marchandises acquises chez eux. Il y a bien entendu des regroupements à chaque niveau mais il n'en reste pas moins que, au fur et à mesure que les flux s'éclatent au long de l'arborescence, les quantités transportées et les distances diminuent de façon très importante.

Ce principe a deux conséquences importantes, l'une sur l'organisation de la logistique de distribution, l'autre sur la logistique de proximité.

■ La logistique du dernier kilomètre

Une usine livre, par exemple, les plates-formes des distributeurs à raison de 20 tonnes sur 350 km en moyenne, soit en moyenne 7 000 t/km ; chacune des plates-formes livre en moyenne 3 tonnes à chaque supermarché sur une distance de 75 km, soit 225 t/km ; chaque client transporte l'équivalent d'un caddie soit 25 kg sur 5 km, soit en moyenne 0,125 t/km. Si l'on considère le principe précédent de massification des transports, il résulte de cette suite : 7 000 – 225 – 0,125 une croissance exponentielle des coûts au fur et à mesure que l'on se rapproche des extrémités du graphe arborescent. Ceci se traduit particulièrement par le problème dit « du dernier kilomètre », celui que fait le client pour transporter ce qu'il a acheté ou celui que doit faire la camionnette de livraison de vente par correspondance ou par Internet. Ce coût est au kilogramme hors de proportion avec les coûts logistiques de l'amont et de nombreuses start-up de B2C en ont expérimenté l'importance au détriment de leur rentabilité.

■ La logistique de proximité

À l'intérieur d'une entreprise, une partie des produits est utilisée directement par des agents de l'entreprise. C'est le cas d'une entreprise d'assemblage automobile où l'on doit amener les composants du véhicule le long des chaî-

1. Ballou, 1992.

nes d'assemblage jusqu'à proximité immédiate des monteurs. Cet éclatement des produits, dont le *kanban* est par exemple un mode d'organisation, est une tâche complexe et qui peut être source de gains ou de pertes importantes sur la productivité. Mais le problème devient encore plus sensible lorsque la production est dispersée sur un vaste territoire. Par exemple les opérateurs de télécommunication doivent mettre en place des équipements, soit chez leurs clients eux-mêmes – les CPE (*Consumer Premises Equipement*) –, soit à travers le réseau et ses nombreux postes de commutation ou de transmission ; la préparation des interventions, l'approvisionnement du matériel nécessaire, leur stockage auprès des équipes d'intervention ou de celles des sous-traitants, leur transport sur les lieux d'intervention demandent une organisation qui peut être extrêmement coûteuse. Il en est de même des services après-vente et plus généralement des équipes de maintenance. Cette logistique de proximité pour laquelle la massification des transports est difficile et qui fait intervenir peu de professionnels de la logistique mais beaucoup d'agents de production ou d'entretien, souvent très dispersés et peu sensibles aux coûts de gestion du matériel, est une logistique particulière trop souvent négligée mais où il peut y avoir beaucoup à gagner.

On peut résumer ce principe par le fait que plus l'on descend la chaîne logistique vers le consommateur final plus les coûts logistiques augmentent, exponentiellement.

1.6.6 Le principe de coopération et la nouvelle économie

On pourrait se demander si le concept de *supply chain* n'est pas en train de modifier radicalement le paysage économique ou n'est pas, plus simplement, l'expression d'une évolution radicale de notre organisation économique.

Le principe de base de l'économie de marché n'est pas la collaboration entre des entreprises indépendantes mais la négociation et la concurrence. Or, les différents aspects du concept de *supply chain* vont à l'encontre de ces principes de base :

– L'entreprise industrielle, et particulièrement l'automobile, a développé et continue de développer un nouveau modèle de relations avec ses fournisseurs. Au modèle traditionnel constitué d'un grand nombre de fournisseurs sélectionnés à partir de cahiers des charges par des acheteurs retenant « le moins disant », se substitue un système d'un petit nombre de fournisseurs privilégiés consultés dès la conception même du produit et fournissant l'assembleur à partir de contrats de partenariat de longue durée en maintenant des relations opérationnelles extrêmement étroites. Ces relations étroites sont pour une grande part logistiques et ont souvent été à l'origine de ces nouveaux partenariats sous l'égide du juste-à-temps : livraisons synchrones, proximité géographique voire intégration dans une même zone industrielle ou une même usine, coopération informatique en temps réel, assurance qualité partenariale, etc.

– L'échange de données entre producteurs et distributeurs, et plus généralement l'ECR, demandent la création de modes de communication permanents et donc d'accords de longue durée entre producteurs et distributeurs.

– L'ECR qui consiste à coordonner production et distribution est porteur d'économies en principe importantes. Le théorème fondamental de la *supply*

chain a pour conséquence qu'il n'est possible d'optimiser le pilotage des flux tout au long de la chaîne que par un échange de données généralisé entre tous les participants à la chaîne. Les données de consommation finale, saisies aux caisses enregistreuses par les distributeurs, doivent être partagées entre tous avec des modalités qui peuvent conduire à réaliser une véritable prévision participative entre producteurs et distributeurs. La réduction des coûts logistiques impose par ailleurs une rationalisation des transports qui demande une collaboration forte entre producteurs et distributeurs : allotement par le producteur pour permettre le *cross-docking* sur les plates-formes du distributeur, concertation dans l'organisation des promotions et plus généralement le marketing des produits et tous les autres composants de l'ECR.

La difficulté est que ces économies ne se produisent pas nécessairement, comme on le verra, là où sont effectués les efforts de collaboration et qu'un protocole de répartition des bénéfices de cette collaboration doit intervenir entre les partenaires. Ces répartitions de bénéfices réalisés à moyen terme diffèrent des pratiques traditionnelles de l'économie de marché.

On peut se demander dans quelle mesure de tels accords ne tendent pas à restreindre les conditions de la concurrence internationale. Une des premières expériences menées aux États-Unis avait pour but de faciliter la communication entre distributeurs de la mode et fabricants nord-américains de façon à apporter à ces derniers un avantage sur leurs concurrents d'Extrême-Orient.

La justification de ces pratiques nouvelles réside dans l'augmentation de valeur qu'elles sont censées créer au profit du consommateur. Il est vrai que la réduction des coûts « logistiques » tout au long de la *supply chain* profite en définitive aux consommateurs par le jeu de la concurrence qui enregistre, à travers des réductions de prix de vente, les avantages concurrentiels obtenus d'abord par les entrepreneurs schumpeteriens. Mais ces coopérations entre entreprises ne sont pas neutres.

Ce développement de la coopération entre les entreprises a trouvé un nouvel élan avec ce qu'on a appelé la « nouvelle économie », celle qui se développe autour d'Internet. B2B et B2C sont censés, entre autres nouveautés, modifier le paysage économique. Il est un peu tôt pour analyser cette nouvelle économie qui souffre d'ailleurs actuellement des difficultés logistiques classiques de la VPC. Mais il y a là une évolution que le chapitre relatif à la distribution s'efforce d'analyser et qui pourrait prendre une grande importance.

1.7 Les fonctions logistiques et de management de *supply chain* au sein des entreprises

1.7.1 Diversité des activités logistiques et de *supply chain*

La structure même de la *supply chain* est une source de difficultés chaque fois que l'on cherche à présenter les activités et les techniques qu'elle recouvre. On peut en effet distinguer :

– les activités logistiques traditionnelles ;

– les activités relatives au pilotage de la *supply chain* – activités logistiques étendues ;

– les activités qui constituent les maillons de la chaîne : achat, production, distribution, etc. ;

– les filières spécialisées par type d'activité industrielle ou commerciale.

■ Les activités logistiques traditionnelles

Ce sont plus précisément celles que l'on considère traditionnellement lorsqu'on utilise le terme « logistique » : transports, magasinage, manutention, gestion de stock, etc. Elles sont transverses par nature et ceci dans un double sens :

– on les retrouve dans toutes les étapes de la *supply chain* : il y a du magasinage aussi bien en production qu'en distribution et à toutes les étapes de chacune de ces activités ;

– elles se situent le plus souvent à la frontière de deux maillons de la *supply chain* : le transport est l'activité qui, par exemple, interface la distribution du fournisseur et l'approvisionnement du producteur.

Elles constituent le cœur de l'enseignement de la logistique traditionnelle même si elles recouvrent des métiers sensiblement différents. On assiste d'ailleurs à une certaine évolution qui conduit les transporteurs traditionnels à étendre leurs activités au magasinage, à la préparation des commandes, etc. et à devenir ainsi des entreprises de « logistique ».

■ Les activités relatives au pilotage de la *supply chain*

Ce sont des activités que l'on considère comme celles des directions logistiques d'entreprise entendant alors le mot « logistique » dans un sens étendu, celui du pilotage de la *supply chain* à travers toute l'entreprise, voire au-delà de l'entreprise tout au long de la *supply chain* de l'« entreprise étendue ». Aux États-Unis, les disciplines relatives sont le plus souvent regroupées – et enseignées – dans ce qu'on appelle *operation management* (management opérationnel). On y trouve la prévision, la gestion de production et son homologue, la gestion de distribution quel que soit son nom (*Distribution Ressource Planning* ou pilotage des flux par exemple), l'informatique et le management de la *supply chain* (SCM : *Supply Chain Management*), etc.

■ Les activités qui constituent les maillons de la *supply chain*

Chacun des maillons de la *supply chain* représente une activité ou un ensemble d'activités que l'on peut regrouper sous l'une des quatre expressions de la méthode SCOR :

– *Source* : c'est-à-dire approvisionner, y compris toutes les activités que l'on va trouver autour de ce concept, l'achat, le référencement, etc.

– *Make* : c'est-à-dire la fabrication dans ses différentes variantes industrielles : fabrication de masse, fabrication à la commande, etc.

– *Deliver* : c'est-à-dire la distribution sous toutes ses formes : ventes aux entreprises (B2B), vente au grand public (B2C) et ses multiples variantes.

– *Plan* : ce sont les opérations transverses à deux maillons qui permettent de piloter les relations entre deux maillons. Ce sont les activités mêmes de pilotage de la *supply chain* telles qu'elles ont été décrites au paragraphe précé-

dent par opposition aux activités précédentes qui constituent les maillons mêmes de la *supply chain*.

Chacun des maillons est relié, sauf aux extrémités, à un maillon amont et un maillon aval. Ce qui est *Source* pour l'un est *Deliver* pour celui qui l'approvisionne et conduit à *Make* pour celui qui utilise les produits « sourcés ». Ce qui intéresse le logisticien est moins le contenu même d'un maillon, les procédures et les techniques qu'il recouvre, que son pilotage et donc l'activité *Plan* du paragraphe précédent. Il ne peut cependant ignorer les techniques mises en œuvre dans chacun des maillons et dont il doit avoir la culture, mais d'évidence il ne s'agit plus là de logistique ni même de pilotage de la *supply chain* : dans une usine d'assemblage, les techniques de production n'intéressent qu'indirectement la *supply chain*, en revanche la planification de l'activité des machines et l'approvisionnement en composants appartiennent au « management de la *supply chain* ».

■ **Les filières spécialisées de la *supply chain***

Une *supply chain* de production d'équipements industriels est très différente d'une *supply chain* de distribution de produits de grande consommation et plus encore d'une *supply chain* de maintenance d'une flotte d'avions. On distingue, par exemple, assez traditionnellement les logistiques des flux de production et les logistiques de soutien. À l'intérieur des logistiques des flux de production, on distinguera facilement des logistiques de production à la commande et des logistiques de production en grande série, ou plus précisément encore, la logistique des producteurs de véhicules automobiles, elle-même décomposable en logistique de production, logistique de distribution, logistique de service après vente, etc., ou encore la logistique du bâtiment ou des télécommunications. Chacune de ces logistiques sectorielles a ses caractéristiques propres, ses spécialistes, ses progiciels et son « état de l'art ».

1.7.2 Fonctions au sein des entreprises

On peut énumérer les différentes fonctions qui peuvent ou non être rattachées à la logistique au sein d'une entreprise, mais il faut s'entendre sur ce que signifie ce rattachement à la logistique ; il peut signifier :

– un rattachement hiérarchique à une direction logistique unique de l'entreprise ;

– un rattachement hiérarchique à un service logistique d'une direction de l'entreprise, chaque direction ayant ses propres services logistiques ;

– un rattachement fonctionnel à une direction logistique tout en maintenant un rattachement hiérarchique à une autre direction ;

– la simple considération qu'il s'agit d'une activité logistique même si elle est rattachée à une direction non logistique.

D'autre part, des activités logistiques sont très souvent externalisées et l'examen du rattachement se résume alors à déterminer qui gère le contrat de sous-traitance et qui la pilote.

La norme française FD X 50-602 d'octobre 1997 présente une liste et une description de 23 profils professionnels logistiques établie par un groupe d'experts européens, le GT2 « Fonctions logistiques » du CEN/TC 273 « Logistique ». Ce travail a été effectué à partir d'un questionnaire de 604 questions rempli par 1 555

personnes de 555 entreprises de 7 pays européens… Une méthode statistique d'analyse professionnelle du Centre néerlandais pour l'innovation de la formation a été utilisée. Les résultats sont partiels et un peu surprenants :

– la logistique de soutien n'a pas été prise en considération mais seulement ce qu'on pourrait appeler la logistique des flux (production et distribution) ;

si les métiers d'encadrement sont largement représentés, il n'en est pas de même des métiers d'exécution : on y trouve bien des magasiniers – sans distinguer d'ailleurs les caristes et les autres – mais pas de conducteurs, livreurs, etc., ni la plupart des métiers du transport et du commerce international, hors donneurs d'ordre ;

– le rattachement du service client à la logistique, s'il n'est pas illogique, est au moins inhabituel sauf dans certains pays, le Royaume-Uni par exemple ou les Pays-Bas qui à eux deux représentent près d'un tiers des réponses ;

– l'expression *supply chain* n'apparaît pas, ce qui n'était pas tout à fait étonnant en 1997 en Europe mais mériterait certainement une remise à jour.

Cette liste (tableau 1.1) est cependant assez significative des « métiers » des cadres de la logistique des entreprises, hors logistique de soutien.

Tableau 1.1 – Liste des métiers cadres de logistique des entreprises.

Fonctions principales de l'entreprise	Profil professionnel
Direction et services de soutien	Directeur de la logistique « groupe »
	Responsable ou directeur de la logistique
	Chargé de la gestion logistique
	Chargé de l'organisation logistique
	Analyste logistique
Ventes	Agent gestionnaire de commandes
	Responsables du service client
	Assistant au service client
Achats	*Pas de profil logistique mais des fonctions ayant un contenu d'activités logistiques*
Développements des produits	*Idem*
Production	Responsable ou directeur de la gestion des matières
	Responsable de la planification des ressources de production
	Assistant de planification
	Chargé d'ordonnancement et de lancement
	Agent d'ordonnancement et de lancement

Tableau 1.1 – Liste des métiers cadres de logistique des entreprises. *(suite)*

Fonctions principales de l'entreprise	Profil professionnel
Gestion des stocks et des magasins	Gestionnaire de stock
	Agent de gestion de stock
	Chef magasinier
	Magasinier
	Responsable de la distribution physique
	Chargé de l'organisation de la distribution physique
	Responsable d'entrepôt
Gestion de la distribution physique et des transports	Responsable des transports
	Chargé de planning transport
	Gestionnaire de parc

Depuis, les journaux de petites annonces proposent des métiers nouveaux : *supply chain manager*, prévisionnistes logisticiens, pilotes de flux, gestionnaires de flux, gestionnaires de flux groupe, responsable de site logistique, d'entrepôt ou de plate-forme, ainsi que les métiers classiques, par exemple, de responsable expédition transport, préparateur de commandes, manutentionnaires, caristes, agent de planning, conducteurs, etc. On note que la demande devient de plus en plus précise avec des compétences logistiques précises.

De manière générale, il ne fait aucun doute que les fonctions logistiques et supply chain se sont fortement professionnalisées sous la pression des enjeux, des nouvelles technologies et de la montée en puissance de ces fonctions au sein des organisations. Les grands groupes ont récemment cartographié les compétences requises par métier et cette approche leur permet d'animer de véritables communautés de logisticiens au sens large en favorisant la mobilité géographique pour bénéficier des meilleures pratiques, fonctionnelle pour favoriser les collaborations transversales et éventuellement sectorielles du monde de l'industrie vers celui de la distribution.

Bibliographie

BALLOU R.H., *Business logistics management*, Prentice Hall, États-Unis, 1992.

COHEN S., *Avantage Supply Chain : Les 5 leviers pour faire de votre Supply Chain un atout compétitif*, Éditions d'Organisation, Paris, 2005.

FENDER M., *Modes de coopération producteurs-distributeurs – Place de la logistique dans l'organisation des chaînes d'approvisionnement*, Thèse de Doctorat de l'École nationale des ponts et chaussées, novembre 1996.

FORRESTER J. W., *Industrial Dynamics*, MIT Press, Cambridge, 1962.

MATHE H., TIXIER D., *La Logistique*, PUF, Paris, 2005.

Norme française NF X 50-600 *Fonction et démarche logistiques,* Afnor, Paris, janvier 1999.

Norme française FD X 50-602, *Fonctions logistiques*, Afnor, Paris, octobre 1997.

PACHÉ G., *La logistique : enjeux stratégiques*, Vuibert, Paris, 2004.

PONS J., *Transport et Logistique*, Hermès Science Publications, Paris, 2005.

RUSHTON A. CROUCHER P. BAKER P., *The Handbook of Logistics and Distribution Management*, KOgan Page, 3e édition, Cranfield, 2006.

SIMCHI-LEVI D., KAMINSKY P., SIMCHI-LEVI E., *Managing the Supply Chain*, McGraw-Hill, Columbus, 2004, 307 p.

2 • HISTOIRE DE LA LOGISTIQUE

Le chapitre précédent aura montré qu'aucune définition n'est suffisante pour appréhender le champ conceptuel de la logistique. C'est seulement en refaisant l'histoire du concept que l'on peut mesurer les chemins tortueux du développement de la logistique jusqu'à la *supply chain* et mieux comprendre son avenir.

On s'attachera donc successivement à examiner quelques grandes étapes de l'histoire de la logistique :

– ses origines militaires et son développement dans le domaine des transports, de la manutention et du magasinage ;

– l'utilisation de l'informatique et de la recherche opérationnelle ;

– la révolution du juste-à-temps et l'École de Toyota ;

– les grandes manœuvres logistiques de la distribution au cours des années 1980 et 1990 ;

– les apports des militaires et des grands projets : la logistique intégrée.

2.1 Les origines militaires de la logistique et ses développements

2.1.1 La logistique, un mot savant pour une activité militaire aussi négligée qu'indispensable

Le mot « logistique » est d'origine militaire. On en doit, semble-t-il, la définition à A.H. Jomini. Antoine-Henri, baron de Jomini, longtemps chef d'état-major de Ney, passé au service du tzar, instructeur de l'héritier du trône de Russie et qui n'en finit pas moins sa vie en France sous le règne de Napoléon III, est l'écrivain militaire qui a tenté de formaliser les stratégies napoléoniennes sous forme d'une science. Pour lui et pour tous les stratèges du XIXe et du XXe siècle, la logistique est « l'art pratique de déplacer les armées et de les ravitailler en établissant et organisant leurs lignes de ravitaillement ». Une telle définition est d'ailleurs ambiguë car elle rassemble à la fois la science du déplacement des troupes qui n'est pas loin d'absorber toute la stratégie, et la science de leur approvisionnement qui serait une tout autre affaire si le transport n'en était le concept commun. Les bureaux d'état-major qui s'occupent de logistique traitent aussi des transports. Le mot volontairement savant voulait manifester le caractère systématique et même géométrique de cette science. Dans « logistique », il y a *logos*, l'esprit, que l'on retrouve dans les mots « logique »,

« syllogistique » et dans un certain nombre d'expressions mathématiques et qui exprimerait la complexité de la logistique qui, selon le mot que l'on prête à Napoléon, poserait des problèmes mathématiques qui ne seraient pas indignes d'un Newton ou d'un Leibniz…

Le choix de ce mot est peut-être une erreur. La logistique militaire est peut-être beaucoup plus simple qu'on ne le laisse supposer. On peut lui appliquer ce que Napoléon disait de la guerre… et aussi de l'amour : « un art simple et tout entier d'exécution ». D'un autre côté, les militaires auraient peut-être dû lui accorder une importance beaucoup plus grande qu'ils ne l'ont fait le plus souvent et c'est ce qui est en train de se réaliser actuellement dans un nouveau contexte stratégique.

À l'exception de H. Von Bülow qui avait construit sa géométrie stratégique à partir du ravitaillement des troupes, la logistique, dans sa réalité quotidienne, est à peu près absente de la pensée stratégique. Raymond Aron, par exemple, a pu écrire son grand traité de stratégie *Penser la guerre, Clausewitz*, sans mentionner une seule fois la logistique. Il se trouve d'ailleurs dans cette attitude en compagnie de la plupart des historiens militaires et des penseurs de la stratégie et de la tactique.

2.1.2 Le principe de l'approvisionnement sur le pays

Il est cependant évident qu'on ne peut déplacer des effectifs importants d'hommes et de chevaux sans les nourrir et que, depuis l'Antiquité, c'est une des préoccupations principales des chefs militaires, préoccupation d'autant plus importante que le plus souvent les choses se passent mal, voire très mal quand le pays où se déplacent les troupes ne peut les nourrir, bien que les généraux vainqueurs aient tendance à l'oublier par la suite. Un principe de base dirige en effet la logistique militaire depuis des millénaires, au moins la logistique terrestre : c'est le **principe de l'approvisionnement sur le pays**. Toute armée vit aux dépens du pays qu'elle occupe. Depuis des siècles, en Occident, la nourriture de base des soldats était le pain et le blé nécessaire à sa fabrication était systématiquement acheté, plus souvent réquisitionné ou pillé, dans les villes et les campagnes où passait une armée.

Dans les campagnes relativement riches de l'Europe, ce principe n'a commencé à poser des difficultés dans l'histoire moderne qu'avec l'augmentation fantastique des effectifs des armées au cours de ces derniers siècles avec comme conséquences :

– Soit le **principe de déplacement continuel des armées** allant d'une région à l'autre au fur et à mesure que les ressources s'épuisent ; ce principe de rapidité des déplacements verra son apogée avec les campagnes napoléoniennes où les armées ne revenaient jamais par le même chemin qu'à l'aller pour cette simple raison et où le succès d'une campagne devait être obtenu très rapidement. On ne trouvera d'ailleurs aucune autre façon d'assurer le ravitaillement des chevaux jusqu'à la Première Guerre mondiale où leur rôle commença de perdre de son importance.

– Soit l'**organisation d'une logistique « embarquée »** pour assurer le ravitaillement tout au long d'une campagne chaque fois qu'il n'était pas possible de se nourrir sur le pays ; c'était le cas de la marine bien entendu qui a ainsi

développé depuis le XVIIe siècle une organisation logistique reposant sur des bases navales dotées de magasins et une organisation du Commissariat de la Marine ; ce sera aussi le cas de certaines campagnes, comme la campagne de Russie de 1812 où le système des « magasins roulants » devait venir en aide dans des pays où les armées pouvaient difficilement trouver leur subsistance. L'expérience montrera cependant que les moyens de transport disponibles à terre, des chariots, étaient tout à fait insuffisants.

– Soit l'**organisation de lignes d'approvisionnement** entre des magasins et les armées en campagne ; c'est l'origine de la logistique savante, celle qui a donné son nom au concept. Les moyens de transport disponibles, des chariots, en rendront toujours l'application difficile et le principe de subsistance sur le terrain restera dominant jusqu'au XXe siècle. Les transports par mer et par rivière permettront de faciliter les choses mais soumettront bien souvent les déplacements d'armée à la géographie. Le développement du chemin de fer allait modifier très sensiblement les possibilités de ces modes d'approvisionnement dans le même temps que les besoins des armées s'accroissaient considérablement en munitions puis en carburants de telle sorte que les vivres ne constituaient plus qu'une petite fraction des besoins d'approvisionnement lors de la Seconde Guerre mondiale et qu'il devenait difficile de s'approvisionner sur le terrain.

Il y aurait toute une réécriture de l'histoire militaire à effectuer sous l'angle de la logistique et les travaux historiques en ce domaine réservent bien des surprises. Par exemple, l'utilisation des voies ferrées pendant la Première Guerre mondiale ou pendant l'opération Barbarossa, la campagne de Russie de l'armée allemande pendant la dernière guerre mondiale, a probablement été beaucoup plus déterminante que beaucoup d'autres aspects stratégiques ou tactiques que l'on met d'habitude en avant. On peut penser que la campagne de Libye de Rommel, quelque brillante qu'elle ait pu être sur le plan tactique, manifeste un extraordinaire aveuglement logistique. On pourrait multiplier les exemples. Que les auteurs les plus connus d'ouvrages stratégiques et historiques passent sous silence les aspects logistiques des conflits mérite réflexion. Les guerres européennes ne sont pas seulement sur le plan économique et moral une des pires monstruosités de l'histoire de l'humanité : elles sont aussi, semble-t-il, l'expression d'une extraordinaire incompétence logistique. Comme l'écrit Martin Van Creveld (1977), « quand on lit l'histoire militaire, il semble que les armées puissent se déplacer dans n'importe quelle direction, à n'importe quelle vitesse, sur n'importe quelle distance une fois que leurs commandants en ont décidé ainsi. En réalité, elles ne peuvent pas et l'ignorance de ce fait a probablement entraîné l'échec de beaucoup plus de campagnes que les actions de l'ennemi ».

2.1.3 De César au XVIIe siècle

César ne cesse, dans les *Commentaires*, de mentionner les problèmes de blé qu'il lui fallait faire venir pour ravitailler ses légions, tantôt par les fleuves, la Saône par exemple, tantôt par des colonnes de chariots ; il envoie ses légats négocier avec les différents peuples l'achat de nourriture et cela ne se passe pas toujours bien ; il stocke là où ses légions doivent passer l'hiver et, à peine a-t-il passé la Manche, qu'il met ses troupes à récolter chez les Bretons, etc.

Nous n'en savons cependant pas beaucoup plus de cette logistique antique dans laquelle il semble que les Romains aient excellé.

Il faut attendre la fin du XVIe siècle et la première moitié du siècle suivant pour qu'apparaissent à nouveau des armées de plusieurs dizaines de milliers d'hommes et même de plus de cent mille hommes avec tous les problèmes logistiques que cela suppose. Les « soldats » en effet, et l'on a peine à l'imaginer, ne sont pas nourris par l'armée qui les emploie : ils reçoivent une solde qui doit leur permettre de s'habiller, de s'armer et de se nourrir, eux et leurs chevaux. L'armée est suivie de milliers de chariots à raison d'un chariot à 2 ou 4 chevaux pour 15 hommes afin de transporter ce qui leur est nécessaire ; bien entendu les officiers en ont beaucoup plus ; de plus une foule de serviteurs, femmes et enfants accompagnent l'armée avec leurs chariots ; pour nourrir tout le monde, on organise donc des marchés où chacun vient s'approvisionner au moins quand les troupes ont été payées et que les officiers n'ont pas gardé la solde. Pour le reste, on pille. On loge volontiers chez l'habitant et il n'est pas certain que comme l'*Encyclopedia Britannica* en émet l'hypothèse, le mot « logistique » ne vienne pas de *logis* plutôt que de *logos*. L'artillerie posait des problèmes insolubles de transport : comme le souligne Van Creveld (1977), un train d'artillerie modeste du XVIIe siècle avec 6 demi-canons et des munitions pour 100 coups demandait à lui seul 250 chevaux tandis que les grosses pièces demandaient 30 chevaux chacune pour simplement les déplacer. Certains historiens en ont conclu que la plupart des déplacements d'armée étaient commandés plutôt que contraints par des impératifs logistiques : les armées devaient se maintenir en déplacements permanents pour trouver à se ravitailler, une fois épuisées les possibilités d'un territoire ; les transports suivaient volontiers les rivières ; on ne mettait le siège devant une place forte que si les assiégeants étaient sûrs de trouver leur ravitaillement dans les campagnes voisines pour un siège court ou de pouvoir être ravitaillés pour un siège plus long. Quant à la cavalerie, c'est elle qui subissait en premier les disettes et devait se déplacer incessamment plus pour nourrir les chevaux que pour intervenir.

2.1.4 Le système des magasins

Il fallait bien trouver une solution à ces problèmes et ce fut le système des magasins mis en place par Le Tellier et Louvois que l'on peut considérer comme les créateurs de la logistique militaire moderne.

C'est une organisation complète qu'il fallait mettre en place avec :

– **Des magasins protégés au sein de places fortes en réseaux** pour nourrir hommes et chevaux avec une réserve permanente de vivres pour l'armée qu'ils devaient soutenir ; on notera cependant que jusqu'à Louvois, il ne s'agissait pas encore de magasins permanents avec des réserves stratégiques mais de magasins spécialement créés pour le soutien d'une campagne. C'est donc Louvois qui mit en place, d'une part, une chaîne de forteresses aux frontières du royaume avec suffisamment de vivres et de fourrages pour soutenir un siège de six mois et, d'autre part, des magasins généraux capables de supporter des armées en campagne au-delà des frontières.

– **Un parc permanent de véhicules et de chevaux pour transporter les vivres** à apporter dans les magasins, le « train des vivres » ; jusque-là les

chariots, les chevaux et leurs conducteurs étaient réquisitionnés auprès des paysans des régions traversées contre un éventuel dédommagement ultérieur ; le système ne mit pas fin à ces réquisitions puisque les transports entre les magasins et les armées restèrent effectués par réquisitions, mais il en diminua l'importance.

– **Des normes de ravitaillement** précisant ce qui était nécessaire pour chacun depuis les 100 rations du commandant en chef jusqu'à la ration individuelle de l'homme de troupe, y compris le même système pour la nourriture des chevaux. La détermination des besoins se faisait ensuite en multipliant les effectifs prévus par les quantités normalisées de chaque produit et permettait aussi de construire pour la première fois de véritables budgets. Pour la première fois, les soldats étaient donc désormais nourris avec une ration de base garantie.

– **La définition de contrats standard avec les fournisseurs** garantissant les qualités, les prix, exemptions de taxes pour les transports, fourniture d'escortes, procédures de recours, etc. Le point faible du système est que les achats se faisaient le plus souvent à crédit faute de pouvoir disposer à temps des sommes nécessaires.

– **La création d'un corps d'intendants** en 1643 et l'organisation d'une véritable administration pour le ravitaillement des troupes avec des procédures d'achat dans les pays de production, organisation des transports par bateau ou par voiture, création de magasins avant et pendant chaque campagne.

Tout cela pourrait faire penser que les armées royales allaient acquérir au moyen de cette organisation logistique que tous les autres pays lui enviaient, une autonomie inconnue jusqu'alors. En fait une analyse plus précise a montré que cette organisation ne pouvait répondre qu'à une faible partie des besoins des armées en campagne et que le prélèvement de tout le reste devait se faire sur le pays ennemi ou être acheté dans les pays amis. Ces prélèvements restaient considérables. D'ailleurs en pays ennemi, on ne tarda pas à imposer sous la menace des prélèvements en argent pour supporter les dépenses de ravitaillement de l'armée, même lorsque le ravitaillement était acheté dans le pays de passage par l'administration des vivres.

Le XVIIIe siècle verra la généralisation de ce « système des magasins ». C'est particulièrement dans le soutien des sièges de places fortes que le système atteint toute sa complexité. Devant l'impossibilité de ravitailler par réquisition dans le pays une armée immobilisée à faire le siège d'une place forte, il fallait bien l'approvisionner. D'où l'établissement de plusieurs magasins à une distance raisonnable du lieu du siège et l'organisation de lignes de transport entre ces magasins de regroupement et l'armée. La durée du siège donnait le temps d'organiser ces lignes de communication avec des séries de convois de farine, jusqu'à 5 selon les règles de Tempelhoff, s'échelonnant entre chaque magasin et les boulangeries de campagne pour assurer un approvisionnement quotidien, « en juste-à-temps » dirait-on aujourd'hui. Il n'était pas possible de transporter de la même façon la nourriture des chevaux, beaucoup trop volumineuse pour les chariots. Van Creveld calcule qu'une armée typique du temps de Louvois avec 60 000 hommes avait environ 40 000 chevaux entre la cavalerie, l'artillerie et les bagages. Les hommes pouvaient consommer de l'ordre de 120 000 livres de pain par jour, la nourriture essentielle, plus 60 000 livres d'autres vivres. La nourriture des

chevaux représentait environ 800 000 livres de foin par jour, qu'il était impensable de stocker ni de transporter. Il en résulte que sur les 980 000 livres nécessaires chaque jour, soit environ 500 tonnes, 120 000 seulement, soit 12 % ou 60 tonnes, étaient stockées et transportées. Cela évitait au moins à l'armée de connaître la disette et de se débander comme il était arrivé trop souvent dans le passé. Mais, en dehors des sièges, cela représentait une organisation relativement complexe pour l'époque avec des calculs difficiles de détermination des besoins, de programmation de trajets, d'achats et de premiers transports, de stockage, de programmes de seconds transports tout en assurant leur protection, etc. On ne disposait pas encore d'ordinateurs et du DRP…

2.1.5 Napoléon, une logistique sans innovation

On a souvent affirmé que Napoléon avait mis un terme à ce système des magasins et imposé une stratégie de mobilité extrême qui rendait inutile les lignes de communication. C'est à la fois vrai et faux en ce sens que l'importance des armées déplacées rendait quasiment impossible un approvisionnement entièrement assuré par des lignes de communication. D'ailleurs l'empereur n'a mené que deux sièges pendant toute sa carrière. Il a cependant cherché pour chaque campagne à mettre en place dans les lieux de passage ou de concentration prévus, les centaines de milliers de rations nécessaires en biscuits ou en farine. Il devait le faire en outre très rapidement pour conserver le secret de ses intentions stratégiques. La campagne de 1805 a demandé le déplacement de 170 000 hommes et l'organisation de leur logistique en quelques semaines. Dejean, le ministre responsable de la logistique, n'eut que 25 jours pour préparer 500 000 rations à Strasbourg et 200 000 à Mayence, tandis que l'Électeur de Bavière dut en préparer dans le même temps 1 000 000 entre Würzbourg et Ulm. Tout cela ne représentait cependant que dix jours de vivres… La campagne de Russie, la mieux préparée logistiquement de toutes les campagnes de Napoléon, montra bien l'impossibilité logistique de soutenir une armée de 600 000 hommes à l'origine, dans un pays aux ressources insuffisantes. Tout ce qu'il avait été possible de faire pour assurer la logistique avait été fait : dès 1811 mise en place de 50 jours de vivres pour 400 000 hommes et 50 000 chevaux à Dantzig, stockage dans 5 villes de quantité de munitions et de poudre telles qu'on n'en avait jamais rassemblé auparavant. Depuis 1807 existait le train des équipages, un vrai service militaire de transport, et en 1812 la Grande Armée disposait de 7 bataillons de transport avec 600 chariots chacun. Malgré tout cela, 270 000 hommes sont entrés en Russie avec 4 jours de pain dans les musettes et 20 jours de farine dans les chariots. Il n'y avait pas non plus de foin, de telle sorte que beaucoup de chevaux moururent dès les premières semaines d'un régime d'herbe verte… Il serait bien imprudent d'attribuer l'échec de la campagne de Russie à des raisons uniquement logistiques mais il est hors de doute que c'en fut une des causes majeures, directement par la disette et les contraintes qu'elle imposa, indirectement par l'indiscipline et les désordres engendrés dans les troupes aussi bien que par l'hostilité des populations elles-mêmes victimes des pillages. Et cependant Napoléon n'était pas le plus incompétent des généraux…

2.1.6 Les guerres de 1870 et de 1914-1918

Les guerres de 1870 et de 1914 présentent une innovation logistique d'importance, le chemin de fer, et des besoins nouveaux d'approvisionnement en quantités importantes de munitions. Là encore, l'histoire reste à réécrire, particulièrement pour la guerre de 1914-1918, bien qu'on ait consacré des milliers d'ouvrages et de mémoires au plan Schlieffen et à la bataille de la Marne. Comme lors des guerres précédentes, le ravitaillement de l'aile droite de l'armée allemande, celle qui réalisa son extraordinaire mouvement d'enveloppement par le nord-est, se fit sur les territoires occupés selon la technique millénaire, les approvisionnements étant incapables de suivre une avance aussi rapide. Et comme d'habitude les chevaux en souffrirent le plus là où l'on ne trouva pas de foin. Une priorité absolue fut donnée à juste titre au transport des munitions dont la consommation était désormais sans rapport avec celle des guerres du siècle précédent. Puis les fronts s'installèrent et les voies ferrées qui n'avaient subi que des dommages limités tant en Belgique qu'en France devinrent les axes essentiels d'approvisionnement. La difficulté essentielle restait les transports entre les extrémités des voies ferrées et les corps de troupe qui devaient se faire encore le plus souvent avec des voitures à chevaux.

2.1.7 1939-1945, le grand tournant de la logistique militaire

La guerre de 1939-1945 a constitué un tournant de la logistique militaire. La motorisation de la logistique des armées du Reich aussi bien que l'importance accordée à l'arme blindée, allaient poser en termes quasiment modernes un certain nombre de problèmes logistiques.

Pour la première fois dans l'histoire militaire, des forces considérables durent intervenir sans aucune possibilité de soutien local à des milliers de kilomètres de leurs bases. Ce fut le cas des forces allemandes en Union soviétique, de Rommel en Libye, des forces américaines un peu partout dans le monde. Il fallut mettre en place de véritables chaînes logistiques à la fois routières, par voies ferrées, par bateaux voire même par avions dans un contexte d'une complexité inouïe.

Les rapports du rail et de la route devinrent un sujet fondamental, particulièrement pendant la campagne de Russie quand le temps rendit les routes impraticables. Mais le problème est encore beaucoup plus général si l'on considère que les besoins nouveaux tactiques et stratégiques obligeaient d'évidence à motoriser les transports bien qu'en 1939, il fallait au moins 1 600 camions pour assurer la capacité d'un chemin de fer à double voie, sans compter que les besoins en carburant des camions allaient absorber une part importante de leur propre trafic, sans parler des besoins en pièces de rechange, pneus, moteurs, etc. Le débat est d'ailleurs loin d'être clos dans le domaine civil.

Pour la première fois dans l'histoire, une opération militaire, le débarquement en Normandie, put être préparée pendant deux ans en choisissant, voire même en concevant, le matériel nécessaire, en préparant tout dans le moindre détail et en décidant même de la date de réalisation. En novembre 1943, les troupes américaines disposaient, rien que pour leurs besoins propres, de 562 officiers et hommes pour la planification de l'opération. La logistique de

l'opération fut considérée comme un élément vital aussi bien du choix du lieu de débarquement que de la planification elle-même. Pour la première fois des responsables militaires prenaient le temps d'étudier systématiquement la logistique et n'eurent pas à improviser. Bien entendu les choses ne se passèrent pas comme il avait été prévu. Ce sont là les « frictions » de la guerre comme disait Clausewitz. Il semble cependant que les planificateurs logistiques se soient trompés dans des proportions incroyables sur presque tous les points : la consommation d'une division avait été estimée à 650 tonnes par jour alors qu'elle n'a probablement pas dépassé 300 à 350 tonnes par jour. Les distances parcourues chaque jour par les camions furent trente pour cent plus importantes que le maximum prévu, etc. Van Creveld parle d'un « exercice en pusillanimité sans égal dans l'histoire militaire moderne ». On peut regretter les erreurs mais on ne peut que se féliciter que pour une fois les responsables militaires n'aient pas pris des risques logistiques inconsidérés même s'ils se sont trompés dans l'autre sens. Les campagnes napoléoniennes ou celle de Rommel en Libye préparées en quelques semaines étaient logistiquement des paris, perdus le plus souvent mais tenus parfois grâce à une détermination et un sens tactique exceptionnel, à des fautes lourdes de l'adversaire et aussi à beaucoup de chance. L'armée américaine a introduit peut-être sous l'influence d'une logistique maritime très élaborée par nécessité et avec les conseils d'entrepreneurs civils hors pairs, une nouvelle conception de la logistique réduisant considérablement les risques.

Des progrès très considérables ont alors été réalisés en logistique militaire :

– la gestion des transports avec le développement de pools de transports logistiques, le développement des moyens de manutention et des gestions sophistiquées de la planification des transports ; c'est probablement la tâche complexe la mieux planifiée de l'histoire qui a ouvert la voie à toutes les méthodes de planification moderne et rendu possible des projets jusque-là inimaginables ;

– la conception de bateaux, avions et engins roulants adaptés aux problèmes rencontrés ; si la mise en place de ports préfabriqués a échoué au point de mettre en danger toute l'opération, le développement de tous les types de bâtiments spécialisés pour les débarquements fut un progrès sans égal dans l'histoire maritime ;

– l'utilisation d'emballages, palettes, containers, filets, parachutes… et le développement d'une doctrine du packaging militaire ; le jerrycan est un des acquis irremplaçables de la Deuxième Guerre mondiale mais il trouvait sa place dans une gamme de conteneurs de différentes tailles tels que les POL avec des procédures d'emploi définies à l'intérieur d'un planning précis ;

– la conception de « rations » conditionnées en fonction de l'effectif et des conditions de l'activité et d'une planification rigoureuse de l'alimentation des troupes en campagne ; la variété des menus a pu s'étendre mais les principes définis restent toujours valables et sont toujours mis en œuvre ;

– la conception d'infrastructures provisoires faciles à mettre en place : oléoducs, réservoirs, entrepôts, ateliers, plates-formes logistiques de distribution, ports de déchargement, etc.

Il faudrait poursuivre cette étude très sommaire en consacrant une place importante à l'histoire de la logistique navale qui a joué un rôle important dans l'évolution de la logistique militaire avec, par suite des nécessités maritimes,

beaucoup d'avance sur la logistique des armées de terre. On examinera par la suite, à propos de la logistique de soutien, ce qu'est la logistique opérationnelle de ce début du IIIe millénaire et les concepts de soutien logistique intégré, qu'on aura déjà abordés dans cette partie historique.

2.2 Informatique et recherche opérationnelle : apparition d'une logistique savante

La guerre de 1939-1945 a vu l'éclosion d'une technique un peu oubliée aujourd'hui mais qui a joué un grand rôle : « la recherche opérationnelle ». Il s'agissait de faire appel à des équipes de chercheurs scientifiques de différentes origines pour résoudre des problèmes « opérationnels ». On a vu ainsi déterminer par le calcul, la taille optimale des convois de transport entre les États-Unis et l'Europe face à la menace des sous-marins allemands. Après la guerre, les chercheurs ont pu utiliser désormais dans les grandes entreprises, l'expérience acquise dans les armées. En Amérique du Nord particulièrement, où les laboratoires d'universités vivent pour une part non négligeable de contrats passés avec les entreprises, cette reconversion s'est faite naturellement.

Il est très significatif que l'appellation « recherche opérationnelle » soit un peu passée de mode. Ce n'est pas par abandon des méthodes sous-jacentes mais au contraire à cause de leur développement. Avec l'informatique, ces méthodes sont devenues, avec plus ou moins de bonheur, le pain quotidien des services fonctionnels des grandes entreprises. La loi de Poisson, les modèles mathématiques linéaires ou non, les programmes de simulation sont désormais couramment utilisés. Or la logistique est, dans le champ des problèmes de gestion, un bon pourvoyeur de problèmes susceptibles de faire appel à des modèles mathématiques. Quelques problèmes célèbres subsistent :

– Où placer un entrepôt pour optimiser la desserte de différents points de distribution en tenant compte de la géographie, des voies de circulation, des délais et des coûts de transport ?

– Comment optimiser le renouvellement d'une flotte de transport en tenant compte de tous les éléments du coût d'exploitation ?

– Comment organiser les tournées de transport pour la desserte de plusieurs points de livraison ?

– Comment organiser un réseau logistique optimal à plusieurs dépôts avec des niveaux d'entreposage successifs ?

Deux domaines ont particulièrement bénéficié du développement de l'informatique et de la mise en œuvre de méthodes « savantes », l'un rattaché traditionnellement à la logistique, la gestion des stocks, l'autre dont le rattachement à la logistique est encore rare, la gestion de production.

Dans l'industrie, la gestion de production et l'ordonnancement des machines n'étaient pas considérés jusqu'à ces dernières années comme faisant partie de la logistique. C'étaient des problèmes de méthodes de production mises en œuvre par des cellules spécialisées des Services et Directions de production. Dans beaucoup d'industries, une telle gestion était extrêmement sommaire. Les entrepôts et les magasins des distributeurs étaient servis à partir de magasins d'usine recomplétés au fur et à mesure, avec des programmes mensuels

de fabrication et des méthodes d'ordonnancement journalier ou hebdomadaire des machines. Bien entendu les problèmes d'ordonnancement pouvaient être extrêmement complexes en fonction de la complexité des produits à fabriquer. Les fabricants d'automobile ont toujours eu des systèmes complexes d'ordonnancement pour alimenter leurs lignes de production.

On a donc fait assez largement appel à l'informatique pour améliorer ces techniques de planification de la production. Des algorithmes plus ou moins sophistiqués ont été mis en œuvre pour résoudre des problèmes combinatoires toujours difficiles. Ainsi le MRP (*Material Requirement Planning*), constitué au départ à partir des problèmes d'approvisionnement et d'assemblage de pièces, est devenu une véritable méthode de gestion de production (MRP2) soutenue par de nombreux progiciels.

Le développement de l'informatique a profondément transformé la gestion des stocks. On peut réapprovisionner un stock en tenant compte des sorties que l'on prévoit, des commandes par exemple, mais le plus souvent, le magasinier, lorsqu'il doit passer ses propres commandes, ne connaît pas ces sorties à venir. Il suppose donc que les sorties enregistrées au cours des périodes précédentes vont se renouveler dans l'avenir et l'on a développé, à partir d'outils statistiques, des méthodes de détermination des quantités à commander ou des dates de réapprovisionnement. Ces méthodes, pratiquement inutilisables avec des fichiers tenus à la main, se prêtaient désormais bien au calcul avec les premières machines à cartes perforées puis les ordinateurs. La gestion des stocks est donc devenue une gestion automatisée des stocks avec des résultats discutables, mais nettement supérieurs à ceux d'une gestion manuelle.

Le point commun entre tous ces aspects semble être le concept de flux. En 1962 paraissait au MIT un ouvrage du professeur Forrester : *Industrial Dynamics*. C'était une tentative de modélisation de l'entreprise sous forme de flux de toute nature (Forrester, 1962) et l'on a vu que la plupart des définitions de la logistique font appel à cette notion de flux. On peut penser que la logistique a trouvé là sa bible universitaire encore peu exploitée mais il faut bien laisser du travail pour les chercheurs de demain...

2.3 Révolution du juste-à-temps et École de Toyota

2.3.1 Principe

Tout aurait pu continuer comme cela si la crise n'était pas arrivée. Les premiers effets d'une crise sont de diminuer les ventes, donc de remplir les stocks de produits finis que l'on continue à fabriquer. Évidemment cela ne peut pas durer très longtemps et une des premières entreprises à réagir lors de la crise qui suivit le premier choc pétrolier, fut Toyota, et, au sein de Toyota, celui qui devait en devenir le directeur technique, M. Ohno.

Celui-ci nous explique que lorsque l'entreprise s'est retrouvée avec ses parkings pleins de voitures invendues, il a fallu faire quelque chose et ce quelque chose, qui a pris des années pour se constituer en une doctrine cohérente, est à la base de toutes les organisations industrielles modernes : on l'appelle le « juste-à-temps ». Cela a également modifié la place de la logistique dans l'entreprise.

Ce n'est pas un hasard si le juste-à-temps est né dans l'industrie automobile. L'automobile est un produit de grande consommation sujet à des mouvements cycliques de la demande. Mais il s'agit aussi de biens de relativement grande valeur avec une valeur ajoutée moyenne de telle sorte qu'il est impensable pour un fabricant de conserver des stocks très importants. Si on ne veut pas accumuler des véhicules invendus, il ne faut pas en produire plus que les consommateurs n'en réclament. Il existe deux façons de résoudre ce problème : améliorer les prévisions de vente ou attendre d'avoir une commande pour fabriquer. Jusque-là tout le monde pratiquait la première solution mais, comme l'a dit un humoriste, la prévision est un art difficile surtout quand elle concerne l'avenir. Nous verrons au chapitre 5 sur les prévisions que leur exactitude se dégrade avec la distance de leur horizon. Dans l'environnement économique actuel à fortes « turbulences », on ne peut espérer produire des prévisions convenables au-delà de quelques mois, voire même quelques semaines.

La deuxième solution paraissait a priori impossible à mettre en œuvre. On peut penser que le consommateur n'est pas prêt à attendre plusieurs mois la livraison du véhicule qu'il veut acheter ; or c'était l'ordre de grandeur du délai de transit du véhicule et des éléments qui le composent tout au long des ateliers et chaînes de montage. En revanche, il apparaît qu'une partie importante des consommateurs est prête à attendre une semaine ou deux pour recevoir un véhicule, d'autant plus que le nouveau consommateur est devenu exigeant et ne se contente plus d'un modèle standard. En outre, on peut attendre les commandes des concessionnaires pour mettre en fabrication les véhicules correspondants.

Mais si le concept de juste-à-temps trouve son point de départ à ce stade, ce n'est pas là qu'il apparaît révolutionnaire. Toute entreprise cherche à ne pas produire d'invendus ou d'invendables. Une fois qu'on a décidé de ne fabriquer que ce qui est déjà commandé (avec beaucoup d'exceptions à la règle), on peut reprendre les commandes pour construire un programme de fabrication classique avec cette difficulté qu'il faut revoir en permanence les programmes de fabrication pour les adapter aux commandes.

L'autre solution, et c'est celle de Toyota, consiste à « tirer la fabrication » par les commandes au lieu de les pousser par le plan de fabrication. Si la dernière opération de construction d'une voiture consiste à monter 5 roues sur le reste de la voiture après avoir assemblé pneus et jantes (exemple fictif), le juste-à-temps consiste à lancer la commande de 5 roues et 16 écrous chaque fois qu'on veut terminer une voiture, et ensuite sur le poste de fabrication des roues, à commander 1 jante et 1 pneu chaque fois qu'on veut constituer une roue. C'est évidemment absurde car on devrait attendre la fabrication des écrous pour terminer le véhicule. En revanche, il est possible d'affecter à chaque poste de travail un petit stock, aussi petit qu'on le peut, et à le réapprovisionner par une commande en amont chaque fois qu'un lot de ce stock a été utilisé. C'est le principe du *kanban*. Le poste qui termine le véhicule a un stock de boulons et de roues ; quand il a consommé un lot de roues, il demande au poste de fabrication des roues de fabriquer un nouveau lot de roues. Quand ce poste de fabrication de roues a utilisé un lot de jantes, il demande au poste de fabrication des jantes d'en fabriquer un nouveau lot, son stock de jantes lui permettant de continuer « éventuellement » à fabriquer des roues jusqu'à l'arrivée de ce lot de jantes. Le mot « éventuellement » est important car il signifie que si aucun poste aval ne lui demande de fabriquer

un lot de roues, il n'en fabriquera pas. Bien entendu le réglage de tous ces stocks et de tous ces lots est très délicat.

Dans l'organisation traditionnelle, chaque poste fabrique tout de suite ce que le plan lui a assigné et ne s'arrête que lorsqu'il a terminé. Il expédie sa production vers l'aval. Dans une organisation de type *kanban*, chaque poste ne fabrique que ce que l'aval lui réclame. La notion de « juste-à-temps » remonte de l'aval à l'amont.

Troisième étape du juste-à-temps : de l'entreprise à ses fournisseurs. Le fabricant d'automobile ne fabrique pas ses pneus, mais il peut demander à son fournisseur de pneus de lui envoyer les lots dont il a besoin quand il en a besoin. Cela ne l'empêchera pas de passer des contrats, de lui fournir des prévisions, mais la commande définitive peut être « fixée » quelques semaines, quelques jours ou même quelques heures avant son utilisation. Cela suppose que le fabricant a une très bonne connaissance des capacités de fabrication de son sous-traitant de façon à ne pas l'obliger à constituer des stocks ce qui ne ferait que reporter les stocks sur le sous-traitant, stocks qu'il faudrait bien payer d'une façon ou d'une autre.

Le juste-à-temps impose un réglage permanent des flux et une surveillance permanente des transferts entre usines, entre ateliers et entre postes de travail. Avec cette technique, la logistique se situe au cœur des processus de production et tend à déborder très sensiblement de son rôle traditionnel de transport et magasinage.

Mais le juste-à-temps a beaucoup d'autres conséquences.

2.3.2 Une conséquence du juste-à-temps : le SMED

Le juste-à-temps impose de disposer de lots de chaque élément à assembler. On voudrait bien entendu avoir des lots très petits mais souvent, lorsqu'on met en fabrication un lot, on doit changer l'outillage ou le réglage de la machine, si l'on a fabriqué autre chose auparavant. Le temps de démarrage est souvent générateur de pièces non conformes (la « mise au mille »). Il faut donc fabriquer le plus possible d'un seul coup pour répartir ces pertes de temps et de matière lors du changement d'outils ou de la mise au mille sur un lot suffisamment important. Ces deux principes sont évidemment contradictoires et une bonne partie des méthodes savantes d'ordonnancement consiste à optimiser ces lots en tenant compte des coûts liés à la taille d'un lot et du coût de conservation de stocks trop importants.

Une autre solution consiste à s'efforcer de réduire les temps de changement d'outillage. C'est le but du SMED (*Single Minute Exchange Die* : changer l'outil en un temps en minutes exprimable par un nombre d'un seul chiffre !). Le but ultime est alors le système OTED (*One Touch Exchange Die*) qui consiste à changer de fabrication en appuyant sur un bouton. On peut alors faire des lots aussi petits qu'on le désire.

2.3.3 Il faut surtout diminuer les coûts

Il ne suffit pas de produire juste-à-temps ; il faut surtout produire moins cher que ses concurrents. C'est l'autre leçon de la crise et la plus importante. Il existe bien des façons de diminuer les coûts.

On notera tout d'abord que ce qui coûte le plus cher est actuellement la main-d'œuvre. On s'efforce donc en priorité de réduire son coût.

– On peut payer le personnel moins cher en délocalisant l'industrie dans un pays où la main-d'œuvre est moins chère et/ou moins protégée et donc coûte moins en charges sociales. C'est cependant parfois contradictoire avec le juste-à-temps puisqu'on désire produire le plus près possible du consommateur. Ce n'est donc pas possible partout. En plus, cela peut poser des problèmes éthiques et de consensus national.

– On peut bénéficier d'une réduction d'échelle en produisant plus à la fois. Cette technique qui a connu de beaux jours dans les années « glorieuses » (1960-1980), est toujours d'actualité. Elle trouve cependant ses limites à la suite d'une évolution importante de la demande. Le consommateur, face à la concurrence, veut toujours plus de variété. La Ford des années 1930 était d'une seule couleur. La 2CV des années 1950 aussi. Maintenant l'acheteur d'un véhicule veut choisir les couleurs des différentes parties du véhicule, les matières et les dessins de la sellerie, son moteur, son système de freinage, son tableau de bord, son combiné radio, ses pneus, ses jantes, etc. Il y a de moins en moins de véhicules identiques. Les fabricants d'automobile ont poussé la demande dans ce sens pour justifier le délai de livraison du juste-à-temps et battre la concurrence. Mais ils ont été pris à leur propre jeu dans une sorte de « *cut-throat competition* »[1] où la gestion de production devient de plus en plus difficile.

– On peut réduire le personnel en automatisant. C'est d'évidence la tendance de fond de la plupart des entreprises. Mais on ne produit pas de la même façon avec un processus automatisé. C'est l'autre facette de l'École de Toyota.

Il en résulte beaucoup de choses :

– Le personnel de production n'est plus le même que dans les process tayloriens. Il ne participe plus directement à la production. Il surveille les machines, veille à leur alimentation, les entretient, veille à la qualité. Il n'y a plus de place dans les usines automatisées pour les travailleurs illettrés d'autrefois. Il n'y a d'ailleurs plus de place pour les illettrés ou même les adultes peu formés dans la société qui en résulte.

– Les machines automatisées demandent des degrés de fiabilité beaucoup plus élevés qu'autrefois : l'ingénierie est plus fine, les méthodes plus sophistiquées, la maintenance devient une priorité.

– L'organisation des ateliers n'est plus la même : c'est le règne des organisations cellulaires, de la TPM, de nouveaux rapports maintenance/production.

– On ne produit plus avec les mêmes méthodes ni dans la même ambiance : on produit en salles blanches ou au moins en ambiance de propreté et d'ordre rigoureux. On passe beaucoup de temps à améliorer, à planifier, à rationaliser... On réfléchit en groupe.

– La qualité devient une nécessité mais cela est une autre histoire...

1. Mot à mot : « concurrence à gorges coupées », situation de concurrence où les deux compétiteurs se ruinent.

2.3.4 Les contresens de la qualité : produire moins cher, vendre plus ou vendre plus cher ?

Dans un processus automatisé, toute pièce doit être exactement aux normes et doit entrer dans la machine dans les conditions prévues au moment prévu. Il n'y a plus d'opérateurs pour remédier aux multiples petites défaillances, irrégularités, non-conformités. Tout ce qui n'est pas prévu arrête la machine et par contrecoup toute la ligne de production. L'automatisation n'entraîne pas seulement la rigueur des processus, mais aussi la conformité de tous les éléments matériels qui participent à la production. Toutes les qualités nécessaires de toutes les pièces doivent être contrôlées dès leur fabrication. Ces qualités nécessaires résultent de cahiers des charges très précis. On ne sait pas produire autrement avec un processus automatisé.

Il faut donc définir strictement les caractéristiques de chaque pièce, les modes de fonctionnement des procédés, les conditions de démarrage, de conduite, d'entretien et de réglage. Comme tout ce qui se règle peut se dérégler, il faut vérifier en permanence les caractéristiques de ce qu'on produit dès qu'on l'a produit. C'est le TQC (*Total Quality Control*).

L'École de Toyota a dû aussi inventer le TQC avec toutes les méthodes statistiques qui vont avec : les plans d'expériences, analyses de Pareto, cartes de contrôle, graphiques temporels, etc.

Tout cela avait un but premier : produire efficacement avec des procédés automatiques. Le résultat est qu'une automobile, dont toutes les pièces sont exactement aux normes et assemblées comme il faut, est aussi une bonne automobile. Et comme le fait de produire économiquement n'interdit pas de bien vendre, au contraire, les vendeurs de Toyota, bientôt relayés par les vendeurs des autres fabricants japonais qui avaient adopté les mêmes méthodes, ont entonné le chœur de la Qualité, qualité d'ailleurs réelle, mais bien argumentée pour bien vendre.

Les États-Unis et l'Europe ont suivi mais tout le monde n'a pas compris de quoi il s'agissait. On veut la qualité pour la qualité ; on veut produire des biens de meilleure qualité (ce qui est louable mais peut être cher). On veut être certifié ISO 9000 car les faiseurs de normes se sont mis dans la partie. Tout cela est bien mais beaucoup ont oublié la raison première : produire moins cher en automatisant. Beaucoup d'entrepreneurs veulent fabriquer des produits de meilleure qualité pour les vendre plus chers...

On analyse classiquement trois politiques possibles pour une entreprise. On peut produire le moins cher. On notera (Treacy et Wiersema, 1995) que les entreprises qui visent les coûts les plus bas privilégient aussi la standardisation des processus et le culte du zéro défaut.

On peut au contraire produire la meilleure solution aux besoins des clients, les produits les mieux adaptés, ce qui ne veut pas dire les moins chers ni les plus performants. On peut aussi vouloir fournir le « meilleur produit ». Mais le meilleur produit n'est pas le produit de meilleure qualité : c'est un produit nouveau à la pointe de la technologie, toujours renouvelé. C'est une autre qualité qui n'est pas toujours exempte de défaut. Il ne faut pas se tromper de cible. Or on peut se demander si la doctrine de l'École de Toyota a toujours été bien comprise...

Mais l'aventure aura eu au moins le mérite de mettre aussi en avant la qualité logistique par excellence : la livraison à temps. Il ne faudrait cependant pas croire que les retards de livraison, cette maladie chronique de l'industrie française, ont disparu. On voit des administrations exiger de leurs fournisseurs, avant de leur passer un contrat, de volumineux dossiers d'assurance qualité, mais ne pas vérifier la capacité du fournisseur à produire à temps ce qu'on lui demande comme si l'existence n'était pas une caractéristique essentielle d'un produit...

2.3.5 L'informatique du juste-à-temps

Au sein de l'entreprise, les systèmes informatiques concernant la logistique étaient des « applications » relativement indépendantes les unes des autres : gestion des stocks, gestion des magasins, ordonnancement industriel et gestion de production, gestion des commandes, etc. Depuis une dizaine d'années, on a vu émerger le concept de DRP (*Distribution Ressource Planning* ou parfois *Distribution Requirements Planning*).

L'échange de données informatisées (EDI) est à la mode. La disponibilité de moyens nouveaux de traitement et de communication de l'information en est une des causes. L'autre est le juste-à-temps. Particulièrement dans les relations clients-fournisseurs, il est indispensable de ne pas perdre, en transmission de documents manuels, le temps gagné dans les transferts de matériel. Une entreprise comme Michelin France a analysé un potentiel de 500 000 transactions EDI par mois avec ses clients et ses fournisseurs. Les codes à barres du GENCOD et les normes en cours de définition pour les échanges clients-fournisseurs seront les bases du système. On voit des groupements se constituer dans l'automobile par exemple pour échanger des catalogues, des commandes prévisionnelles et plannings de besoins, des commandes en juste-à-temps, des avis d'expédition, des factures, etc. La logistique progresse au même pas que l'informatique.

2.4 Les grandes manœuvres logistiques de la distribution

Au cours des années 1960 à 1990 s'est développée en France ce que l'on appelle la « grande distribution » par opposition aux petits commerces qui, soutenus par des grossistes, constituaient l'armature traditionnelle de la distribution. C'est surtout dans le domaine de la distribution alimentaire que sont apparus les hypermarchés et les supermarchés qui sont soit de grandes entreprises (Carrefour, Auchan), soit des entreprises à succursales (Casino), soit des regroupements d'indépendants (Leclerc, Intermarché). En 1995, hypermarchés et supermarchés représentent 69,2 % du chiffre d'affaires du commerce de détail alimentaire en France – cependant en décroissance par rapport à 1993 (72,8 %).

Jusqu'au début des années 1980, la plupart de ces grandes surfaces étaient livrées directement par leurs fournisseurs, ne serait-ce que parce que ceux-ci livraient franco. C'est encore le cas en 1998 pour certains d'entre eux comme les magasins Leclerc approvisionnés à 60 % par livraisons directes ou encore Cora.

Cependant, beaucoup de ces entreprises de la grande distribution se sont aperçues que ce système présentait bien des inconvénients :

– développement des stocks de chaque magasin au détriment de la surface commerciale, or ces surfaces à proximité immédiate des villes coûtent cher et ne peuvent que difficilement s'agrandir à cause de la réglementation, particulièrement depuis la loi Raffarin de 1996,

– multiplicité des livraisons arrivant à toute heure et demandant du personnel pour les déchargements,

– contrôle de la logistique par les fournisseurs qui, par le jeu des livraisons franco, conservaient le contrôle d'une partie non négligeable des coûts. Les coûts logistiques représentaient en effet vers le milieu des années 1980 près de 15 % du chiffre d'affaires. Les bénéfices avant impôts des distributeurs ne dépassaient pas 2 à 3 % le plus souvent au cours des années 1990 de telle sorte que tout gain sur les coûts logistiques pouvait apparaître extrêmement intéressant pour les distributeurs.

La réduction des coûts a donc été le moteur principal de cette évolution logistique très importante.

On a vu se développer des plates-formes de distribution. Ces entrepôts, à l'origine polyvalents, ravitaillent des magasins situés le plus souvent à moins de 150 km. Ils sont situés à des nœuds de communication routière sur des terrains bon marché. Leur but n'est pas de stocker des marchandises mais de recevoir les livraisons des fournisseurs, de les regrouper par magasin et de les expédier dans les délais les plus brefs. Les surfaces commerciales ne conservent plus que des réserves arrières réduites. Bien entendu des réductions substantielles ont été obtenues des fournisseurs pour compenser, et au-delà, les nouveaux frais logistiques engagés.

Par la suite ces entrepôts ont eu tendance à se spécialiser par type de produits en se situant à des distances plus importantes des magasins qu'ils approvisionnent. On obtient des économies importantes d'échelle sur le stockage, la manutention, le transport et le traitement des commandes.

À côté de ces entrepôts spécialisés, on a vu se développer des entrepôts de type plutôt spéculatif. Les remises des fournisseurs sont d'autant plus intéressantes que les quantités commandées sont importantes. Dans les périodes de mévente, il arrive que des fournisseurs soient prêts à se débarrasser à bas prix de stocks pléthoriques. En période d'inflation, les taux d'intérêt réels sont relativement faibles et dans les débuts de la crise où se conjuguaient inflation forte et crise (stagflation), une telle politique pouvait se révéler très rémunératrice. Des enseignes commerciales se sont même spécialisées dans cette recherche systématique des moindres coûts (*hard-discount*). L'entrepôt en était l'outil nécessaire.

Tout ceci a donc conduit peu à peu la grande distribution à développer de façon très importante sa logistique.

Cela ne signifie pas nécessairement le développement de grands services avec des effectifs nombreux. De grandes entreprises comme Carrefour ou Cora ont sous-traité systématiquement leur logistique (stockage et transport) tout en en conservant la maîtrise avec une équipe réduite et un système informatique développé. Presque tous (à l'exception d'Intermarché) ont sous-traité leurs transports.

Le bilan logistique de la grande distribution française est cependant assez contrasté. On lui doit une grande sensibilité à l'analyse et au contrôle des coûts logistiques. Ainsi Carrefour a maintenu longtemps une politique de liberté de choix, pour ses acheteurs de magasin, entre les livraisons directes ou le passage par entrepôt. Il lui fallait donc déterminer au cas par cas le coût éventuel de stockage, manutention et livraison pour chaque produit de chaque fournisseur pour permettre aux acheteurs de négocier au mieux la remise correspondante avec le fournisseur (par rapport au prix franco). Il n'y a aucun doute que la grande distribution alimentaire française avec son niveau de chiffre d'affaires a pesé lourd sur la réduction des coûts logistiques au cours de ces vingt dernières années. Elle a favorisé l'émergence et le développement de prestataires logistiques d'un nouveau type et introduit, ce qui d'ailleurs faisait trop souvent défaut, une grande attention aux coûts.

En ce qui concerne la prévision commerciale, les entreprises françaises ont maintenu une décentralisation importante et ont longtemps laissé aux chefs de rayon le soin de prévoir les approvisionnements nécessaires. Menant une politique dure de négociations avec leurs fournisseurs, elles ont longtemps hésité à établir avec eux les relations partenariales de longue durée nécessaires au juste-à-temps. Et, il n'est pas certain que les entrepôts à but spéculatif n'ont pas caché parfois un retour au stock de gestion à défaut d'une bonne maîtrise du juste-à-temps. Ce n'est qu'au cours de ces dernières années, que se sont développées chez les grands distributeurs des directions logistiques fortes et les systèmes informatiques nécessaires pour le contrôle de ces nouvelles politiques. Après la centralisation du référencement par enseigne, le développement des marges arrières a encouragé une centralisation progressive des décisions d'assortiment puis d'approvisionnement des grandes et moyennes surfaces de vente (GMS). Du simple fait de leur poids financier, cette transformation devrait jouer un grand rôle dans les évolutions logistiques en cours avec le développement de l'externalisation des prestations logistiques et, dans le même temps chez les sous-traitants, le développement de l'automatisation des entrepôts et plates-formes logistiques.

Mais désormais la situation change très vite. C'est en Amérique du Nord, puis en Europe du Nord, que l'on a d'abord vu apparaître de nouvelles formes de partenariats entre producteurs et distributeurs : *trade-marketing*, ECR *(Efficient Consumer Response).* Rapidement ces partenariats ont affecté la logistique pour en réduire les coûts avec de nouvelles règles de jeu à somme non nulle qui posent de délicats problèmes de partage. Nous analyserons en détail les nouvelles procédures qui tendent à transférer aux fournisseurs le soin d'approvisionner les points de vente à travers le cross-docking et l'EDI (échange de données informatisées) et aussi de supporter les coûts des stocks sur la chaîne logistique. Les procédures d'un distributeur américain, Wal-Mart, tendent à devenir la référence universelle dans les pays développés. Il est vraisemblable que, d'ici quelques années, la distribution française n'aura d'autres spécificités que le nombre des fromages sur le linéaire.

Il n'est cependant pas certain que l'évolution vers toujours plus d'intégration de la chaîne logistique continue de se faire. La logique de la *supply chain* voudrait que, au moins pour les producteurs incontournables, la chaîne logistique soit complètement intégrée depuis le réassortiment du linéaire jusqu'aux fournisseurs de 2[e] et 3[e] rang en passant par le CPFR (collaboration entre le

distributeur et le producteur pour la prévision et la programmation), le DRP, le MRP, etc. La logique des distributeurs est cependant moins évidente et l'on peut se demander si des distributeurs comme WallMart ne vont pas faire marche arrière pour sauvegarder leurs avantages de négociation.

Le développement récent du commerce sur Internet, l'e-commerce, risque de modifier à nouveau cette situation. L'importance du dernier kilomètre sur les coûts logistiques globaux privilégie l'organisation actuelle en supermarchés et hypermarchés, particulièrement en France. Mais il est possible que cet équilibre soit déplacé avec le développement d'Internet et l'émergence d'une nouvelle catégorie de consommateurs prêts à payer plus pour se faire livrer à domicile ou près de leur domicile. Une certaine perte de parts de marché des grandes surfaces au cours des dernières années en est peut-être un indice même si le succès n'est pas actuellement au rendez-vous des investissements du e-commerce. On peut penser que certains échecs retentissants du e-commerce dans les premières années 2000 ne sont pas étrangers à des aspects logistiques en coût et/ou qualité de service.

La logistique commence donc à jouer un rôle de premier plan dans les stratégies marketing des fournisseurs et des distributeurs et il est encore difficile de prévoir comment les cartes vont se redistribuer. Tout va très vite désormais et il est vraisemblable que la distribution du XXIe siècle sera très différente de celle des dernières décennies du XXe, et cela particulièrement en ce qui concerne sa logistique.

2.5 Mondialisation des flux et développement des entreprises « transactionnelles »

2.5.1 Mondialisation des flux

La mondialisation des flux représente une des préoccupations les plus importantes des logisticiens de groupes industriels. En effet, pendant longtemps, la production était nationale et se traduisait par des gestions de flux nationaux ou l'exportation pure et simple vers des distributeurs d'autres pays. Depuis trente ans, les grands groupes ont dû spécialiser leurs différentes productions par usine et, pour des raisons d'économie d'échelle, répartir ces usines spécialisées entre les différents pays. Il est donc nécessaire de coordonner les fabrications et la distribution entre les pays. Bien plus, un système complexe en informatique ou dans l'aéronautique résulte de l'assemblage de différents éléments fabriqués dans différents pays. Ceci pose, comme on le verra, de délicats problèmes de prévision, mais aussi des problèmes de coordination des flux. Or chaque entité nationale d'un groupe a développé pendant des années ses propres systèmes informatiques de gestion logistique, son organisation logistique avec ses propres entrepôts et ses procédures propres adaptées à son marché.

Le besoin de rationaliser ces organisations s'est d'abord fait sentir au niveau européen. De grands groupes nord-américains ont vite senti le besoin de normaliser les rapports avec les États-Unis et aussi entre filiales européennes. Même si les différences souvent très importantes entre les marchés nord-américains et les marchés européens obligeaient à adopter en Europe des

procédures différentes, le besoin de normalisation à l'intérieur de l'Europe était évident. Par la suite le développement de nouveaux marchés en Asie par exemple et la mondialisation croisante de l'économie obligent à reconsidérer l'ensemble des procédures au niveau mondial. Ceci est, pour de grands groupes, une œuvre de longue haleine qui absorbe beaucoup d'énergie et représente un effort important. La logistique devient un facteur de décision dans la détermination de nouvelles implantations industrielles. La rationalisation des entrepôts au niveau d'un continent devient possible avec la simplification des échanges internationaux et les nouveaux moyens d'échange de données informatisées. La recherche d'une flexibilité internationale devient un souci et l'on voit se développer une réflexion logistique de groupe très proche des instances de décision. Par ailleurs, la réalisation de l'intégration des systèmes informatiques est un casse-tête qui occupera encore longtemps les informaticiens des grands groupes.

2.5.2 Développement de nouvelles entreprises logistiques internationales

On distingue de plus en plus souvent entreprises de transport et entreprises logistiques. Les premières, traditionnelles, effectuaient des prestations de transport, soit sur de longues ou moyennes distances, la « traction », soit de transports de colis ou de lots industriels en « messagerie », ou encore le transport de spécialités sur des marchés plus restreints (frigorifiques, liquides, vrac, déménagements, etc.) ; la libéralisation des Postes aux États-Unis a permis le développement de messageries express internationales combinant transports aériens et routiers par l'intermédiaire des plates-formes spécialisées, les *hubs*. Le développement du transport routier en Europe au cours des trente dernières années l'a mené de moins de 500 milliards de tonnes kilomètres en 1970 à 700 en 1987 pour doubler d'ici 2010 si les prévisions des organismes européens se réalisent. Une part importante de ces transports est réalisée entre pays européens, ce qui est une conséquence de la spécialisation des productions industrielles en Europe et du développement du commerce communautaire. Avec le développement de l'externalisation des transports, une part de plus en plus importante de ces transports s'est trouvée confiée aux entreprises de transport. Or, beaucoup de ces entreprises étaient de petites entreprises familiales : en France, 2 % seulement des entreprises de transport ont plus de 50 salariés et 20 % plus de dix.

Il leur fallait donc croître pour pouvoir intervenir au niveau national puis européen, et une vague de concentration était inévitable. Le détonateur a été la politique de déréglementation du secteur postal européen. Le 15 décembre 1997, la Commission européenne a adopté une directive qui définit les principes de la concurrence sur le marché de la poste et de la messagerie afin d'harmoniser les pratiques au niveau de l'Union européenne avec des échéances. Contrairement à ce à quoi on pouvait s'attendre, ce ne sont pas les entreprises privées qui se sont précipitées sur le secteur postal mais les entreprises publiques de poste qui se sont empressées d'acheter des entreprises profitant de l'importance des fonds (publics) dont elles disposaient et de la fragilité de beaucoup d'entreprises en difficulté avec la guerre des prix et le vieillissement de leurs propriétaires-fondateurs. On est ainsi arrivé à une situation paradoxale où, en France par exemple, une part importante des grandes entre-

prises de transport appartient désormais indirectement à l'État à travers La Poste, d'une part, et la SNCF, d'autre part, qui mène depuis déjà plusieurs années une politique semblable. Quoi qu'il en soit, le milieu des transports subit depuis quelques années une vague extraordinaire de rachats successifs et de regroupements autour de quelques pôles privés ou publics.

Dans le même temps, se développait une nouvelle activité dite de logistique issue pour une grande part du secteur du transport. Face à une concurrence portant sur les prix, les principaux transporteurs européens ont cherché à différencier leurs prestations vis-à-vis de leurs principaux marchés et à fidéliser leur clientèle. Les prestations proposées ont été d'abord l'entreposage et la gestion des stocks déjà pratiqués par quelques entreprises spécialisées, par exemple dans le domaine du froid. La préparation des commandes et l'informatique sont venues naturellement comme des prestations complémentaires à la fois de l'entreposage et du transport (monocolis particulièrement). Par la suite, certains de ces nouveaux prestataires, poussés par leurs clients industriels, ont développé de nouvelles prestations plus élaborées : étiquetage, emballage, intégration de logiciels et *refurbishing* pour la bureautique jusqu'à venir au pré et *post-manufacturing*, l'installation des matériels chez les clients, la livraison sur chaîne de production, la mise en linéaire dans la distribution, le *manufacturing* proprement dit (assemblage), etc. Ainsi s'est développée une nouvelle activité logistique que nous allons voir particulièrement à l'œuvre dans les entreprises « transactionnelles ».

2.5.3 Entreprises « transactionnelles »

L'entreprise industrielle classique tendait progressivement à une intégration selon le schéma suivant, même si l'ère des grandes tentatives d'intégration verticale est terminée.

Le juste-à-temps tend à réduire d'abord les stocks de produits finis. L'externalisation de la logistique combinée avec le juste-à-temps et le développement de la grande distribution, conduit à supprimer les dépôts régionaux au profit des plates-formes des entreprises de distribution ou de plates-formes de sous-traitants.

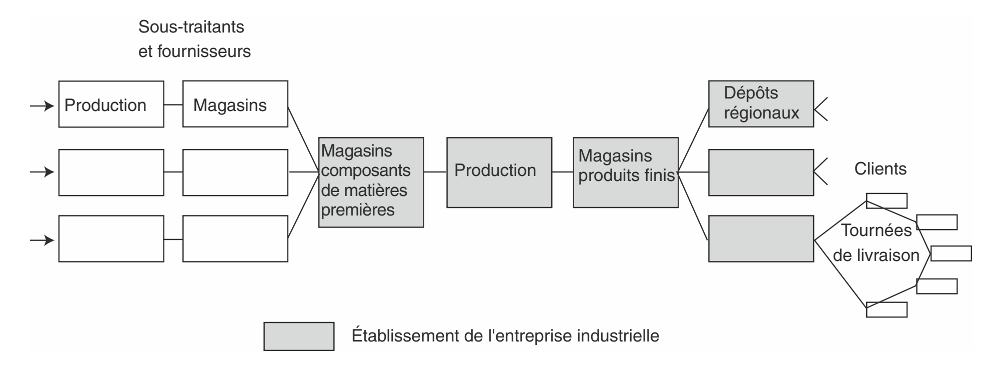


Figure 2.1 – Intégration de l'entreprise industrielle classique.

Le développement du juste-à-temps amont avec les fournisseurs tend à supprimer leurs stocks de composants et de matières premières et ceux de l'entreprise. Mais il va de soi que l'entreprise industrielle elle-même conserve la maîtrise des flux logistiques tout au long de la chaîne logistique. La logistique devient alors un élément stratégique de l'entreprise.

Il peut même arriver que l'entreprise délocalise sa production en la confiant à des sous-traitants, ce qui ne signifie pas, bien au contraire, qu'elle renonce à la maîtrise des flux logistiques. L'on tend alors vers des entreprises qui ne sont plus que marketing et logistique.

On les appelle firmes solaires, nébuleuses, organisations bi-modales, réticulaires, etc. Frédéric Fréry a compté 45 appellations différentes pour ces nouvelles entreprises qu'il propose d'appeler « transactionnelles ». Ce qui est plus important est que tout le monde connaît les marques qu'elles développent : Nike, Reebok Benetton, Ikea, MacDonald's, etc. La caractéristique de ces entreprises est qu'elles n'ont souvent ni usines, ni boutiques. Elles sont constituées d'un siège et d'un centre logistique à partir desquels une équipe réduite gère un réseau d'usines sous-traitantes en amont et d'agents indépendants en aval. La figure 2.2 montre l'organisation de l'entreprise Benetton (Fréry, 1996).

On y voit apparaître le rôle fondamental de la logistique qui devient un élément clef d'une telle organisation. Au même titre que la marque ou les brevets, l'organisation logistique à base d'échanges de données informatisées (EDI) est un facteur clef de contrôle (au sens américain du mot). Ce qui caractérise ces réseaux est l'indépendance capitalistique des entreprises qui y participent

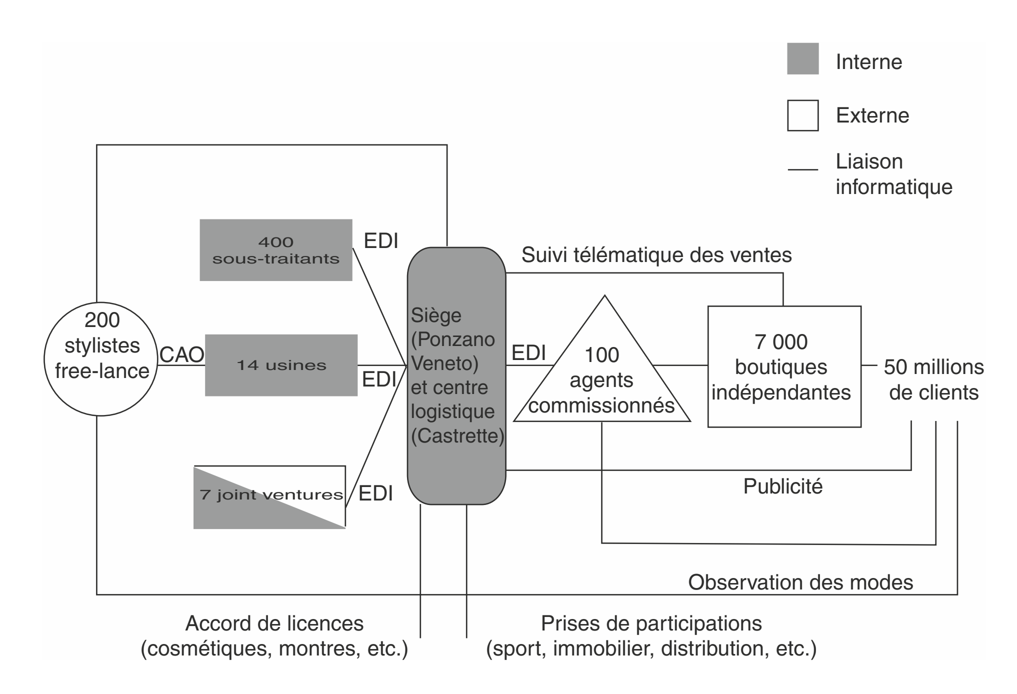


Figure 2.2 – Organisation de l'entreprise Benetton.

sous le pilotage d'un centre *(hub firm)*. Il n'est pas certain que ce type d'entreprises représente l'avenir par opposition aux entreprises intégrées du passé, mais une évolution en ce sens se manifeste :

– Dans l'industrie automobile, on a vu que l'EDI se développait très vite entre sous-traitants et fabricants d'automobile, mais il ne faut pas oublier que les entreprises japonaises d'où est partie ce mouvement ont une structure assez proche de ce modèle : Toyota a un nombre de salariés très inférieur à celui de General Motors.

– De grandes entreprises intégrées ont tendance à créer des centres de profit indépendants, voire même des filiales, des partenariats à 50/50 ou des partenaires par essaimage de certains de leurs cadres. IBM a déjà eu recours à une telle politique face à ses concurrents naturellement ouverts sur de telles organisations.

– L'ECR (*Efficient Consumer Response*) que l'on a évoqué à propos de l'évolution récente de la grande distribution tend à créer de tels liens entre les différentes entreprises qui participent à la chaîne production-distribution. Le concept de *supply chain* tend, comme on l'a vu, à prendre en charge ce qu'on appelle l'« entreprise étendue » (*extended enterprise*) depuis « le fournisseur du fournisseur jusqu'au client du client », selon la définition du *Supply Chain Council*.

Dans tous ces cas, la logistique devient un élément clef à condition que le contrôle s'exerce à la fois sur le transfert des marchandises dans un sens et le transfert des informations dans l'autre. On voit alors se développer tout un outillage informatique autour duquel devrait évoluer la logistique dans l'avenir. L'objectif majeur de son développement ne serait plus seulement la réduction des coûts, mais aussi le contrôle stratégique d'une filière.

2.6 Apports des militaires et des grands projets : la logistique intégrée

La logistique militaire classique, activité d'état-major et des services, a connu de nombreux développements depuis la guerre 1939-1945 dans la conception même des systèmes d'armes.

Un point de départ important se situe au début des années 1960 au Département de la Défense des États-Unis avec Mac Namara. Ce dernier avait été frappé par les procédures traditionnelles de choix des systèmes d'armes qui tenaient beaucoup plus compte du prix de développement et d'achat d'un système d'armes que de son prix de mise en œuvre et de maintenance. La notion de prise en compte du coût de cycle de vie total *(Life Cycle Cost)* devait se révéler indispensable pour prendre des décisions d'une importance financière sans précédents. Elle seule permettait de comparer des programmes identiques quant à leurs fonctionnalités opérationnelles, mais différents par leurs durées de vie probable, leurs coûts de mise en œuvre, les organisations logistiques et de maintenance nécessaires pour les soutenir sur le terrain. Plus les systèmes d'armes devenaient sophistiqués, plus ces différences devenaient sensibles et, dès les années 1960, il n'était plus possible d'accepter le principe que « l'intendance suivra ».

La difficulté bien entendu était de prévoir dès la conception d'un projet ce que serait son coût de mise en œuvre et d'entretien. Cela n'est possible que si l'on a une idée suffisamment précise de sa maintenance et de ses conditions d'opération. Il en résultait que, dès la conception d'un projet, il fallait engager les études logistiques nécessaires à son soutien opérationnel. La notion de soutien logistique intégré (SLI, en américain ILS pour *Integrated Logistic System*) était la conséquence directe de la notion de *Life Cycle Cost*. Concevoir la maintenance dès le stade d'un projet n'est cependant pas si simple. Avec des systèmes de plus en plus complexes, on devait développer des méthodes de plus en plus sophistiquées qui devaient aboutir aux méthodes AMDEC et à toute la kyrielle de standards MIL qui caractérisèrent l'étude des projets militaires aux États-Unis aussi bien qu'en France et en Europe.

Par ailleurs, au fur et à mesure que le projet se développe techniquement, les documentations et procédures de maintenance, formation et mise en œuvre se développent au même rythme. Chaque modification technique, et il y en a sans arrêt quand on passe des concepts aux prototypes et des prototypes aux équipements de présérie, entraîne des modifications dans le plan de soutien logistique. Il en résulte d'énormes efforts de traitement par informatique de ce soutien logistique intégré de telle sorte que les milliers de participants à un grand projet travaillent sur les mêmes bases de données, mises à jour en permanence.

C'est toute une doctrine qui s'est peu à peu constituée à grands frais et a trouvé son application non seulement dans les systèmes militaires, mais aussi dans les grands projets très sophistiqués de l'espace, de l'aéronautique et des centrales nucléaires. Le coût et la lourdeur de ces méthodes ont entraîné par la suite un retour de balancier du Département américain de la Défense (DoD) qui tend à supprimer les normes militaires et à les remplacer par des normes civiles plus simples, plus rapides à mettre en œuvre et moins coûteuses.

On peut penser cependant que cet ensemble de concepts, de méthodes et de progiciels regroupés autour du SLI, devra dans les années prochaines être appliqué de façon simplifiée à de plus en plus de projets et particulièrement aux grands projets industriels, apportant ainsi une nouvelle dimension de conception à la logistique industrielle.

L'histoire de la logistique militaire ne s'arrête cependant pas là. La fin de la guerre froide a marqué un nouveau tournant dont les industries d'armement (en américain A & D pour *Aerospatial and Defense*) n'ont pas fini de subir les effets. Une première conséquence a été une réduction drastique des budgets d'armement, réduits de 25 % en moyenne. Pour faire face à ces réductions, les gouvernements aussi bien aux États-Unis qu'en Europe ont incité les entreprises à se regrouper de façon à réaliser des économies d'échelles et à se positionner sur un marché international de plus en plus ouvert. Les résultats n'ont cependant pas été toujours à la hauteur de ces ambitions. Les économies d'échelles n'étaient pas toujours au rendez-vous et lorsqu'elles étaient substantielles, les acheteurs des gouvernements qui avaient accès aux comptes de coût eurent tôt fait de les absorber. En réalité, ce n'est pas seulement le volume des budgets qui s'est trouvé modifié mais aussi les conditions de développement et de production ainsi que la concurrence.

Alors que pendant la guerre froide, les militaires choisissaient les technologies les plus performantes qu'elles qu'en fussent les coûts, avec la nouvelle situation

les gouvernements ont cherché à compenser la réduction de leur budget par des réductions de coût :

– le recours à des sources d'approvisionnement étrangères devint plus acceptable et même souvent accepté ;

– des technologies plus frustres furent prises en considération ; ainsi, par exemple, des composants électroniques en céramique furent souvent remplacés par des composants standard éventuellement enrobés de plastique ;

– dans le même temps et paradoxalement, on envisageait des durées de vie de 30 ans et plus pour les nouveaux systèmes, ce qui dans le contexte de la loi de Moore pour les équipements électroniques pose des problèmes d'évolution quasiment insolubles ;

– les normes « MIL STD » auxquelles le DoD des États-Unis avait attaché tant d'importance pendant des décennies furent réduites ou parfois purement et simplement abolies. On exigea désormais que les industries d'armement développent plus vite leurs nouveaux produits : ainsi, d'après une étude de *benchmarking* du cabinet PRTM, alors que le temps moyen de développement d'un système électronique civil de complexité moyenne prend 80 semaines, le temps de développement d'un système militaire comparable est de 115 semaines (H. Andrews et K. Steltenpohl, 2000) ;

– la même étude montre que les chaînes logistiques des entreprises d'armement coûtent 25 % plus cher que celles des fabricants d'ordinateurs et de matériel électronique. Les acheteurs militaires commencent donc à exiger des coûts comparables.

Cependant, depuis ces dernières années, les évolutions sont rapides et importantes. On assiste aux États-Unis à une certaine reprise de la politique d'armement et la logistique militaire doit faire face, aux États-Unis comme en Europe, à des interventions nombreuses et importantes sur des théâtres d'opérations extérieurs. Elle est donc en pleine évolution. Dans le domaine du soutien logistique, celui-ci tend à s'aligner sur les pratiques du secteur civil et de plus en plus souvent à y faire appel. On trouvera au chapitre 10 une présentation de la logistique militaire moderne et des pratiques actuelles du soutien logistique intégré.

2.7 Conclusion : l'avenir des logistiques

Les logistiques sont en pleine évolution et leur histoire ne va certainement pas s'arrêter. Il est cependant difficile de déterminer quelles seront les évolutions des prochaines années : en effet, s'il est facile de prolonger les évolutions en cours, il l'est moins de déterminer les « ruptures » qui peuvent survenir pour des raisons d'ailleurs très différentes les unes des autres.

On peut rappeler les principales tendances qui vont vraisemblablement se poursuivre au cours des prochaines années :

• **Développement des approches par *supply chain*** : comme on l'a vu, le concept de *supply chain* est beaucoup plus qu'un simple concept logistique ; c'est l'expression d'une tendance de fonds qui inclut l'approche par les processus transverses, les analyses de coûts du type ABC/ABM, le pilotage des flux, une plus grande rapidité et une plus grande agilité dans un monde aux évolu-

tions rapides. Il n'est pas certain cependant que les grandes entreprises françaises – ou plus généralement latines, de même que les entreprises japonaises – soient très à l'aise dans un tel monde à plusieurs dimensions organisationnelles et à responsabilités transverses. Cependant, la logistique est peut-être une approche rationnelle qui peut leur faciliter une telle évolution culturelle, de toute façon indispensable à leur survie.

• **Développement du commerce international et de l'internationalisation des logistiques** : c'est une tendance lourde de l'évolution du monde économique, tendance qui se poursuit depuis des années tant en périodes d'expansion qu'en périodes de crises. Or, on sait depuis Ricardo que le développement du commerce international a pour corollaire nécessaire le développement de la spécialisation internationale et donc la progression d'une logistique internationale rendue rapide et efficace par les progrès récents de l'informatique et des télécommunications.

• **Concentration des industries du transport et de la logistique** : il n'est pas certain que les grandes manœuvres de concentration des organismes postaux européens soient toutes des succès ; les fusions d'entreprises sont toujours difficiles, surtout lorsqu'elles sont très différentes par leurs origines et leurs cultures ; il paraît cependant vraisemblable qu'avec l'internationalisation croissante des entreprises – ou au moins leur européanisation – dans un contexte de concurrence forte, la victoire ne soit du côté des gros bataillons et des économies d'échelle.

• **Développement de l'informatique de *supply chain* et de ses télécommunications** : la logistique de *supply chain* est d'abord une informatique intégrée au sein de réseaux de télécommunications. On a déjà souligné qu'un des grands chantiers pour les managers du XXI[e] siècle, sera la construction de modèles informatisés d'entreprises et même de réseaux d'entreprises intégrant tous les aspects nécessaires à l'échange des produits et des moyens financiers. Le grand espoir mis récemment dans le réseau Internet paraîtra bien léger quand on considérera dans quelques années les moyens logiciels dont on dispose actuellement à cet effet. Il est possible que dans quelques années, le successeur de cet ouvrage sera un traité de modélisation des réseaux économiques à travers les réseaux de télécommunications.

• **Développement des entreprises virtuelles** : c'est la conséquence nécessaire des propositions précédentes.

• **Passage d'espaces régionaux de distribution de biens à un monde international de prestations de service avec de nouvelles logistiques appropriées** : nous n'entrons pas avec cette proposition dans la science fiction : il y aura toujours des automobiles, des produits alimentaires et des matériels informatiques et de télécommunications mais il est possible, et même probable, qu'à long terme on les achètera de moins en moins au profit d'achats des services correspondants : la location de voitures et leur entretien est le modèle de prestations qui pourraient s'étendre progressivement à tous les biens durables ; on achètera moins dans les supermarchés et le consommateur demandera de plus en plus des prestations de nourriture ou de mise à niveau du contenu de son réfrigérateur ; l'ordinateur individuel sera plus un terminal connecté à un centre de services digitaux : télévision, programmes de jeux, alimentation des livres et journaux digitaux, etc. ; on laissera à son fournisseur de services le soin de fournir le terminal, de l'entretenir et de le changer si

besoin est. C'est toute une logistique de services qui s'esquisse ainsi en rupture avec la situation actuelle d'achats et de services après vente. Tout cela peut paraître encore bien éloigné mais c'est une tendance de fonds dont la seule véritable inconnue est la date de généralisation.

• **Développement des « logistiques inverses »** (voir *infra*) : ce sont les logistiques liées à la prise de conscience de la nécessité de protéger notre environnement mais ce sont aussi les logistiques qui permettront le passage aux logistiques de soutien du paragraphe précédent.

D'autres aspects sont moins certains et peuvent donner lieu à des retournements de tendance :

• **Développement de la vente à domicile ou sur les lieux de travail (VAD, e-commerce) au détriment des grandes surfaces** : la logique du coût du « dernier kilomètre » impose sa loi à l'organisation logistique actuelle de satisfaction des besoins des consommateurs ; avec le développement du réseau Internet, nombreux sont ceux qui ont annoncé la fin des grandes surfaces et le triomphe du e-commerce à partir de prévisions parfois un peu extravagantes ; on a vu des organismes publics s'en émouvoir pour tenter de définir ce qu'allait devenir l'organisation de la grande distribution dans les prochaines années. Les réalisations n'ont cependant pas encore confirmé les prévisions. Des pays européens, comme la Grèce, le Portugal, l'Italie et, dans une moindre mesure, les Pays-Bas, l'Espagne et l'Allemagne sont loin d'avoir terminé leur révolution distributive, sans parler de l'Europe de l'Est. Cette présentation peut paraître contradictoire avec les paragraphes précédents, qualifiés de vraisemblables, mais la divergence porte sur la durée de cette évolution bien plus que sur sa nature. Le développement progressif d'une classe de consommateurs prêts à payer plus et peu attirés par l'univers des grandes surfaces de vente, peut en effet changer la donne, sinon à court terme tout au moins sur des années, comme il est naturel pour les évolutions d'habitudes de consommation.

• **Développement de la coopération logistique entre entreprises** et particulièrement entre producteurs et distributeurs : c'est une tendance de fonds qu'expriment les développements de l'ECR, du CPFR, de la GPA et autres modes de coopération entre entreprises (voir *infra*) ; l'objectif de rechercher des économies globales tout au long de la *supply chain* et de les partager entre producteurs, distributeurs et consommateurs est séduisant ; il est cependant contraire à la pratique de négociations dures entre producteurs et distributeurs qui marque profondément notre organisation économique, particulièrement en France, et les réalisations se limitent le plus souvent aux relations entre les « incontournables » de la production de PGC et les « majors » de la grande distribution.

• **Développement du transport routier** : il n'est pas impossible que le transport routier n'atteigne dans les prochaines années un seuil d'intolérance de la part des populations, particulièrement en ce qui concerne la traversée des différents pays ; on pourrait alors voir se développer en Europe, à la suite des gouvernements suisses et autrichiens, une politique de développement du transport par voie ferrée y compris par « ferroutage » et « chaussées roulantes » (voir *infra*). La libéralisation du fret ferroviaire s'inscrit dans cette logique. Les résistances des cheminots sont cependant fortes et les investissements nécessaires gigantesques. Les organismes ferroviaires des différents pays

sont donc plus modestes dans leurs approches et n'envisagent que de conserver au mieux leurs faibles parts de marché ; leurs structures administratives paraissent peu adaptées à des politiques ambitieuses et les coûts de telles politiques peuvent apparaître prohibitifs dans un contexte qui est déjà celui d'un déficit structurel permanent.

• **Mécanisation des entrepôts et des transports** : c'est une nécessité absolue dans les pays développés de même que leur expansion a reposé sur l'automatisation industrielle. La France est malheureusement en retard dans le domaine des entrepôts pour toutes sortes de raisons que l'on analysera. Quant aux transports, il reste à faire une révolution des chemins de fer qui est d'abord technique mais pas seulement…

• **Transformation des logistiques militaires** : la multiplication des interventions militaires actuelles réalisées, loin de leurs bases, par les pays occidentaux entraîne une transformation radicale de la logistique militaire et son rapprochement des techniques civiles. Les vieilles structures militaires traditionnelles vont devoir évoluer rapidement et ont commencé de le faire. Par son importance, la logistique militaire devient désormais un domaine logistique que le logisticien, même civil, ne peut plus ignorer.

Bibliographie

ALBION J. (d'), Une France sans défense, Calmann-Lévy, Paris, 1990.

BAGLIN G., BRUEL O., GARREAU A., GREIF M., *Management industriel et logistique*, Economica, 1990.

COLIN J., « La logistique : histoire et perspectives », Logistique & Management, vol. 4, n° 2, pp. 97-110.

COLIN J., « La Supply Chain Management existe-t-il réellement ? », Revue Française de Gestion, vol. 31, n° 156, mai 2005.

DESPORTES V., Comprendre la guerre, Economica, Paris, 2001.

Eurostaf, *La logistique de la grande distribution*, étude réalisée en 1994, Paris.

FORRESTER, *Industrial Dynamics*, MIT Press, Cambridge (Ma), 1962.

FRÉRY F., *L'entreprise transactionnelle*, Gérer et comprendre (Annales des Mines), Éditions ESKA, Paris, septembre 1996.

MATHE H., TIXIER D., *La logistique*, « Que sais-je ? », PUF, Paris, 1987.

MORALES D.K., GEARY S., « Supply Chain lessons from the War in Iraq », Harvard Business Review, novembre 2003.

TREACY M., WIERSEMA F., *L'exigence du choix*, Éditions Le Village mondial, 1995.

VAN CREVELD M., *Supplying war. Logistics from Wallenstein to Patton*, Cambridge University Press, 1977.

VON CLAUSEWITZ C., WAQUET N., De la guerre, Rivages, Paris, 2006.

B

Logistique des flux et des stocks

La logistique, « science des flux » est aussi nécessairement « science des stocks ». Le juste-à-temps ne signifie rien d'autre que l'harmonisation des flux pour réduire les stocks et parvenir à l'objectif mythique du « zéro-stock » à travers une « *blue sky approach* » parfois indifférente aux réalités économiques et techniques.

Stocks et flux ne sont que les deux aspects d'un même réseau à valeur ajoutée et le seul problème intéressant est celui de trouver ce qui permet d'optimiser la *supply chain*, ce qui n'est pas si simple.

On peut en effet distinguer deux cas :

– l'on cherche à piloter un seul stock ou, ce qui revient au même, chacun des participants à la *supply chain* cherche à optimiser sa gestion à son niveau en prenant en considération ses entrées – qu'il maîtrise au moins partiellement en passant des commandes – et ses sorties que, le plus souvent, il ne maîtrise pas. Les spécialistes de la gestion des stocks ont construit un corps de doctrine et des méthodes efficaces à cet effet. Ces méthodes qui ont pu se développer grâce à l'informatique au cours des années 1960 à 1980 restent fondamentales et l'on ne peut se dispenser de les connaître ;

– l'on cherche à optimiser l'ensemble des stocks – de la *supply chain* – et donc des flux. Le théorème fondamental de la *supply chain* montre que la prise en considération de la demande finale et des méthodes de partage d'informations entre tous les participants à la chaîne permettent d'éviter des phénomènes de sous-optimisation ; si une telle stratégie ne pose pas de problèmes autres que techniques (MRP, DRP) au sein des différents maillons de la chaîne qui relèvent d'une même entreprise ou d'un même groupe, elle devient beaucoup plus difficile à mener entre entreprises différentes car elle nécessite des politiques de coopération souvent délicates (ECR, etc.).

Pour introduire cette partie dédiée à la logistique des flux et des stocks, il nous apparaît opportun de débuter par un chapitre consacré au pilotage des flux. Celui-ci explicitera ce que nous appelons le théorème fondamental de la *supply chain* en révélant les dysfonctionnements générés par le *bullwhip*. Ceci nous permettra de mettre en évidence les actions clefs qui contribuent à une meilleure performance de la *supply chain* en matière de satisfaction de la demande client. Il s'agit à ce stade de travailler tant les mécanismes tactiques liés à des processus clefs de la *supply chain* que ceux opérationnels qui participent à la fluidité et à la productivité des systèmes logistiques.

Le chapitre suivant mènera une analyse détaillée des stocks, de leur typologie, des règles de gestion ou des causes organisationnelles qui en sont à l'origine et des recommandations qui peuvent être imaginées pour les réduire ou du moins les optimiser.

Il n'y a pas de logistique performante tant au niveau des flux que des stocks sans la recherche d'anticipation. Il ne fait aucun doute que les entreprises qui ont su investir dans des processus et des systèmes de prévision de la demande et des besoins se sont accaparées un avantage concurrentiel. Le niveau des stocks et la satisfaction de la demande sont fortement impactés par la qualité des prévisions. Il est donc fondamental d'y consacrer un chapitre.

Les transports et les infrastructures logistiques constituent les briques opérationnelles de tout système logistique. Ils permettent l'écoulement des flux physiques et leur stockage à des moments et en des lieux opportuns de la chaîne logistique. Le développement et les forts investissements dans les systèmes *TMS (Transportation Management System) et WMS (Warehouse Management System)* confirment leur importance sur la performance des chaînes logistiques.

Comme nous l'avons introduit dans le chapitre 1, l'un des objectifs du *Supply Chain Management* est de coordonner, d'animer et d'optimiser l'interface entre ce que nous avons nommé le *Supply Side* et le *Demand Side*. Il est essentiel de prendre en compte les évolutions, les contraintes et les opportunités relatives à ces deux facettes de toute chaîne logistique et c'est pourquoi un chapitre spécifique leur est consacré.

Enfin, l'intégration est au cœur des *supply chains end-to-end* le plus souvent très fragmentées et internationales. Celle-ci s'appuie sur des processus collaboratifs, des systèmes d'information de plus en plus automatisés aux interfaces et aux ruptures de charge et également sur des contrats qui cherchent à cristalliser dans la forme des relations partenariales ce qui ne signifie pas nécessairement une longue durée. Nous avons choisi de conclure cette partie importante de notre ouvrage consacrée aux flux et aux stocks en nous intéressant aux chaînes logistiques internationales qui s'étendent des *sourcings* amont le plus souvent en situation *overseas* par rapport au client final jusqu'aux marchés domestiques destinataires. Cette approche nous donnera l'opportunité de montrer l'intimité qu'entretiennent désormais *Supply Side* et *Demand Side* au sein des chaînes logistiques globales.

3 • PILOTAGE DES FLUX

3.1 Stocks et *supply chain* : le *bullwhip effect* ou le théorème fondamental de la *supply chain*

3.1.1 Le *bullwhip effect*

La *supply chain* est moins une chaîne qu'un réseau avec, en outre des flux d'informations, des flux de marchandises et des nœuds où elles s'accumulent plus ou moins longtemps : entrepôts et plates-formes. À la gestion des stocks, discipline déjà ancienne aux méthodes reconnues, s'oppose désormais la « gestion des flux » sans que l'on sache toujours bien ce que l'on entend par là et les relations qu'il peut y avoir entre ces deux gestions. L'effet de « fouet à bœufs[1] » (en américain *bullwhip*), argument en faveur du contrôle de la *supply chain*, est au cœur de ce problème et il peut être bon de le regarder de près si l'on veut mesurer comment s'articulent désormais ces deux gestions.

Le dessin de cette courbe en forme de fouet (voir figure 1.11 au chapitre 1) est caractéristique de l'évolution de la demande dans la *supply chain* au fur et à mesure qu'on s'éloigne du consommateur et on retrouve désormais très souvent ce concept dans la littérature sur la *supply chain*.

L'interprétation de cette figure n'est pas très claire avec ses fluctuations à la hausse et à la baisse et les interprétations qu'on en donne parfois et qui ne sont pas très convaincantes : si les consommateurs commandent un jour 120 au lieu de 100, les grossistes commandent eux-mêmes 150 pour suivre cette tendance, l'entrepôt du fournisseur commande à son tour 200 et l'usine va produire 300 pour répondre à une demande en hausse… On n'est pas très éloigné des multiplicateurs et accélérateurs keynésiens sauf qu'il ne s'agit pas d'investissements.

Une autre explication classique attribue tout ou partie de cet effet aux tailles des lots achetés à chaque niveau de la *supply chain*. L'exemple des « colliers pour chiens » de A. J. Martin est célèbre (1997) : le magasin vend 20 colliers par semaine mais il doit les acheter par boîtes de 100, soit pour 5 semaines à la fois ; le grossiste ou acheteur de la chaîne les achète par palette de 3 000 pour avoir un meilleur prix bien que ses besoins soient de 1 200 par semaine,

1. Parfois traduit en français « effet de coup de fouet », mais la notion de « coup de fouet » a en France une connotation très différente du *bullwhip* aux États-Unis car les démonstrations de fouet y sont plus rares qu'au Texas. On utilisera donc provisoirement le terme *bullwhip* pour ne pas avoir à répéter trop souvent l'expression « fouet à bœufs » un peu ridicule.

voire par 6 000 pour remplir les camions… Le phénomène baptisé *bullwhip* en 1997 (Lee, Padmanabhan, Whang), est en réalité un peu plus subtil. Il était connu depuis longtemps (Forrester, 1962) et il est étrange que l'on s'en soit si peu préoccupé jusqu'à ces dernières années.

3.1.2 Le jeu de la bière

Pour mieux l'expliquer, beaucoup de départements industriels ou logistiques d'universités américaines utilisent un jeu de simulation pour leurs élèves, le jeu de la bière (*beer-game*) inspiré du cas célèbre d'un distributeur nord-américain d'une bière européenne connue[1]. C'est un jeu simple, presque trop simple, mais extraordinairement démonstratif pour comprendre la nécessité du contrôle de la *supply chain*.

On définit une *supply chain* pour la vente de bières avec quatre étapes : le brasseur, le distributeur national, les grossistes et les détaillants. Un élève représente chacune des étapes en passant des commandes au niveau supérieur et en livrant les commandes du niveau inférieur. Chaque commande met deux semaines pour être traitée au niveau supérieur et deux semaines pour être livrée – ce pourrait d'ailleurs être aussi bien des jours, cela ne changerait rien au jeu. L'animateur du jeu transfert les données hebdomadaires entre les participants en respectant les délais et l'on joue 30 à 52 semaines en environ 2 à 3 heures.

Le détaillant livre immédiatement les commandes hebdomadaires de ses clients représentées par une série de consommations qu'il découvre au fur et à mesure des semaines, par exemple à partir d'un jeu de cartes. Chaque semaine, il découvre donc la consommation finale, la satisfait au mieux à partir de son stock et passe une commande au grossiste en tenant compte de ce qui lui reste en stock, des commandes qu'il prévoit pour les semaines suivantes et des commandes qu'il a déjà passées ainsi que du stock qu'il veut conserver pour parer aux aléas de consommation. Il entre ensuite en stock ce que lui envoie le grossiste pour la semaine suivante sur la commande passée 4 semaines plus tôt. Le grossiste à son tour satisfait au mieux la commande qu'a passée le détaillant deux semaines plus tôt et éventuellement ce qu'il n'avait pas pu livrer la semaine précédente. Il passe une commande au distributeur en tenant compte de son stock, de ses dus éventuels, de ses attendus, des commandes qu'il prévoit et du stock qu'il veut conserver. Il en est de même du distributeur par rapport au grossiste en aval et au brasseur en amont. Le brasseur procède de même sauf qu'il passe ses commandes de matières premières à un fournisseur, commandes traitées en deux semaines, et sa fabrication lui prend encore deux semaines (figure 3.2).

Le but du jeu, et de chacun des partenaires, est de minimiser les coûts de la *supply chain*, coûts représentés pour chacun d'entre eux par 1 $ de pénalité pour chaque carton de bière non livré et par 0,5 $ pour chaque carton en stock pendant une semaine.

---

1. Nous empruntons la description de ce jeu au remarquable ouvrage de MM. P. H. Dornier, R. Ernst, M. Fender et P. Kouvelis, *Global operations and Logistics - text and cases*, 1998. Nous avons personnellement pratiqué ce jeu avec nos étudiants.

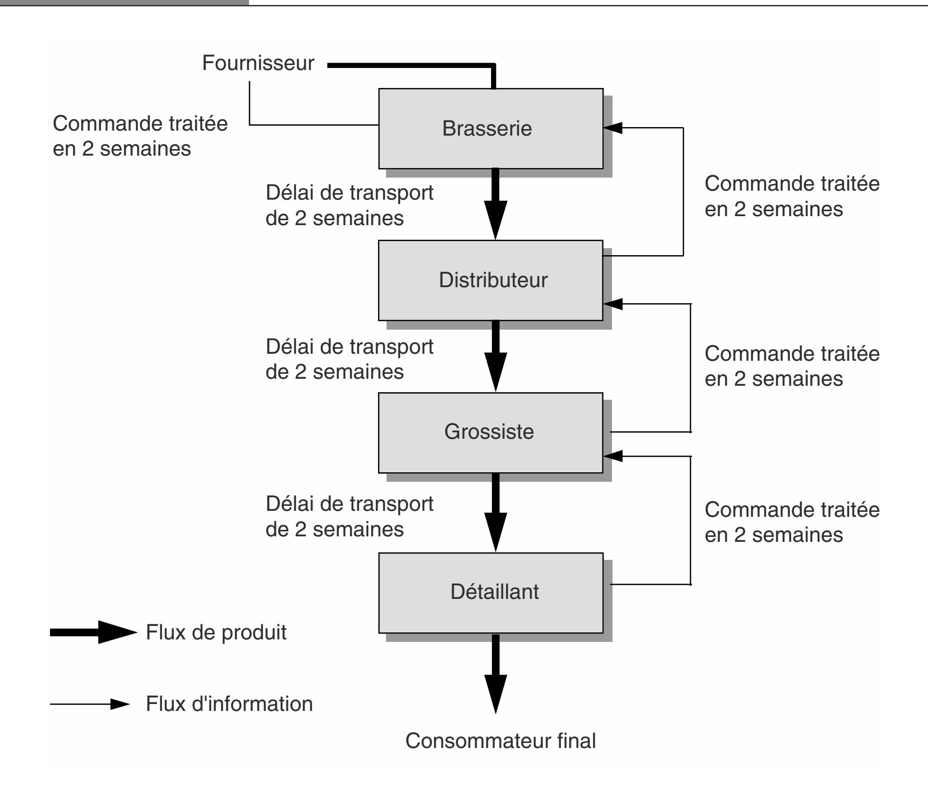


Figure 3.1 – Le jeu de la bière (d'après P. P. Dornier *et al.*, 1998).

On détermine les paramètres de début de jeu puis on le joue. La figure 3.2 présente les résultats d'une partie de 52 semaines.
Le coût a été de :
– 4 311 $ pour le détaillant,

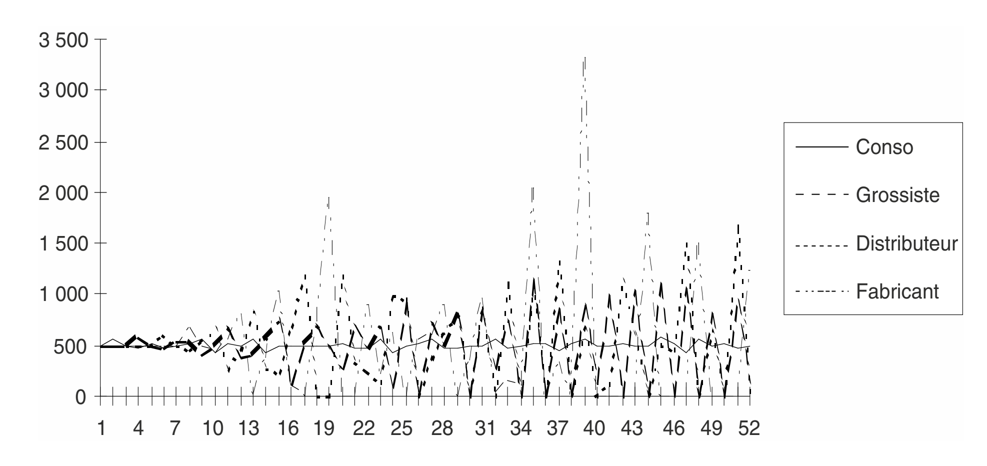


Figure 3.2 – Évolution des commandes reçues.

– 8 457 $ pour le grossiste,

– 13 202 $ pour le distributeur,

– 42 345 $ pour le brasseur,

soit en tout 68 316 $.

On voit que la consommation finale des consommateurs est restée constante avec de faibles fluctuations ($m = 500$; $\sigma = 35$, soit 7 % de la moyenne), ce qu'à la fin du jeu découvrent avec surprise les managers des trois autres étapes qui ont vécu des variations très importantes de commandes et de plus en plus importantes à mesure que l'on s'éloigne des consommateurs :

– $m = 485$; $\sigma = 333$ pour les commandes reçues par le grossiste, soit 69 % de la moyenne ;

– $m = 504$; $\sigma = 431$ pour les commandes reçues par le distributeur, soit 86 % de la moyenne ;

– $m = 507$; $\sigma = 649$ pour les commandes reçues par le brasseur, soit 128 % de la moyenne (figure 3.3).

La qualité de service mesurée en pourcentage des unités livrées à la demande finale sur le total des unités commandées en 52 semaines est de 97 %.

Chacune de ces courbes représente le célèbre *bullwhip*. Les oscillations ne sont freinées à la baisse que par l'impossibilité de passer des commandes négatives (annulations de commandes).

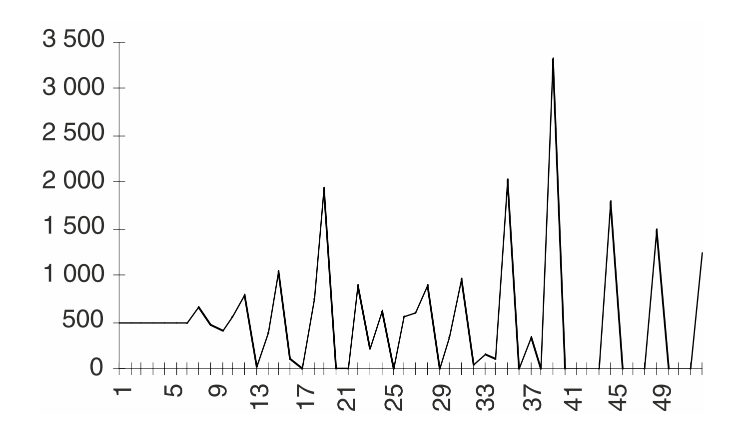


Figure 3.3 – Commandes reçues par le brasseur.

L'évolution des stocks moyens présente aussi le même profil (figure 3.4).

Une telle situation est d'autant plus surprenante que la doctrine de gestion des stocks prévoit normalement un résultat inverse. Avec, par exemple, 10 détaillants par grossiste ayant chacun une consommation de 50 de moyenne et un σ de 10, soit 20 % de la moyenne, on doit avoir pour chaque grossiste une consommation de 500 avec un σ de $10 \times \sqrt{10} = 32$, soit 6,4 % des commandes. Plus l'on s'éloigne du consommateur final et plus les fluctuations devraient diminuer. C'est d'ailleurs au nom de ce principe qu'actuellement on

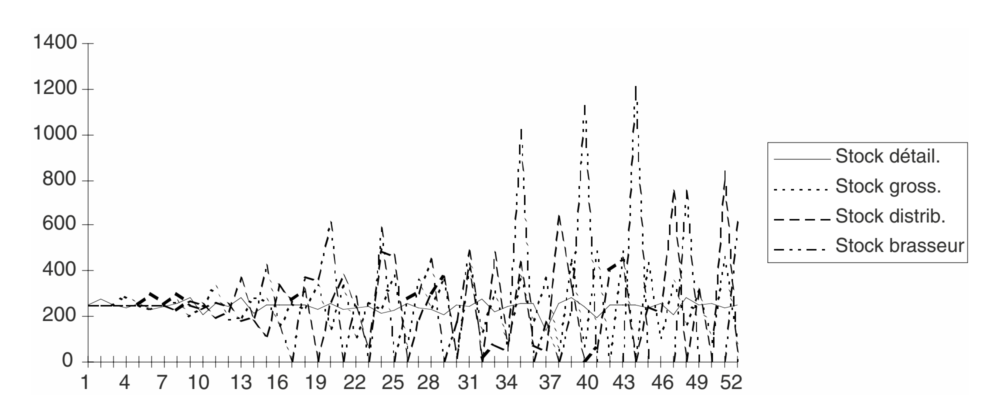


Figure 3.4 – Jeu de la bière : exemple de stocks moyens.

supprime beaucoup d'entrepôts régionaux au profit d'un seul entrepôt national ou même européen et, *a priori*, les résultats confirment les prévisions.

On analyse assez souvent ce phénomène de *bullwhip* comme le résultat du comportement des joueurs. La peur des ruptures de stock – et la sanction d'un dollar par article non servi – encourageraient à passer des commandes exagérées. De plus, chacun des joueurs autres que le détaillant ignore ce qu'est la demande réelle des consommateurs et percevrait donc une tendance irréelle à l'augmentation. L'effet serait en quelque sorte le résultat de conduites irrationnelles. Il en serait de même dans la vie réelle.

En réalité, on peut aisément démontrer que ce n'est pas tout à fait la vraie raison.

Il est en effet facile de modéliser une conduite rationnelle de chacun des joueurs et de reconstituer le jeu avec un tableur. Le détaillant peut analyser l'évolution de la demande, par exemple, en utilisant un lissage exponentiel avec un facteur de lissage raisonnable, disons de 0,1. Comme la première consommation de la série est de 500, soit la moyenne, il obtient des valeurs correctes. Il peut déterminer sa commande en essayant de maintenir un stock de sécurité, disons de 100, quand il aura reçu toutes les commandes attendues, soit :

Commande à passer + Stock en fin de semaine[1]
+ Attendus – 5 × Consommation moyenne = 100

ou

Commande à passer = 5 × Consommation moyenne
+ 100 – Stock en fin de semaine – Attendus

Ainsi, la situation du détaillant au cours des 3 premières semaines apparaît sur le tableau 3.1.

1. Situation de fin de semaine, cependant avant l'arrivée de la commande attendue pour cette fin de semaine, ce qui explique le facteur de 5.

Tableau 3.1 – Jeu de la bière : situation du détaillant au cours des 3 premières semaines

Semaine	Consommation	Moyenne des consommations	Stock début semaine	Livré aux consommateurs	Stock fin	Commandes non reçues	Commande
1	500	500	600	500	100	2 000	500
2	550	505	600	550	50	2 000	575
3	500	505	550	500	50	2 075	498

Il a donc lancé une commande de 500 à l'issue de la première semaine. La deuxième semaine, la consommation s'accroît à 550 ce qui augmente la moyenne des consommations à la suite du lissage, soit 505 et sa nouvelle commande calculée de la même façon tient compte des 50 qui lui manquent en stock de sécurité, d'où une commande de 575.

Le grossiste va recevoir cette commande de 575 en semaine 4 comme le montre le tableau 3.2.

Tableau 3.2 – Jeu de la bière : situation du grossiste pendant les semaines 3 à 5

Semaine	Commandes détaillants	Moyenne des commandes reçues	Stock début semaine	Livré au détaillant	Stock fin	Dû	Commandes non reçues	Commande
3	500	500	600	500	100	0	2 000	500
4	575	508	600	575	25	0	2 000	613
5	498	507	525	498	28	0	2 113	493

Il détermine de la même façon une commande de 613 pour reconstituer son stock de sécurité à 100 en tenant compte de l'augmentation constatée par lissage du niveau moyen des commandes qu'il reçoit.

Le distributeur reçoit cette commande de 613 en semaine 6 comme le montre le tableau 3.3.

Tableau 3.3 – Jeu de la bière : situation du distributeur pendant les semaines 5 à 7

Semaine	Commande grossiste	Moyenne des commandes reçues	Stock début semaine	Livré	Stock fin	Dû	Commandes non reçues	Commande
5	500	500	600	500	100	0	2 000	500
6	613	511	600	600	0	13	2 000	669
7	493	509	500	500	0	5	2 169	483

Il ne peut pas tout livrer et détermine une commande de 669 tenant compte de l'augmentation du niveau moyen des commandes qu'il reçoit, des dus et de la nécessité de reconstituer son stock.

Cette commande sera reçue par le fabricant en semaine 8 et de la même façon il déterminera une commande de 753 à son fournisseur. On voit ainsi comment une augmentation de 50 de la consommation en semaine 2 génère une mise en fabrication de 253 de plus par le brasseur en semaine 8. Or, chacun des managers a eu une attitude parfaitement rationnelle.

Pendant ce temps, le détaillant a reçu en fin de semaine 6 sa commande de 575 passée en fin de semaine 2 (tableau 3.4). Comme son stock de sécurité s'était en partie reconstitué, il a désormais un stock excédentaire de 65 en fin de semaine 7 et il ne commande que 407 au grossiste, ce qui va entraîner une nouvelle fluctuation à la baisse en amont…

Tableau 3.4 – Jeu de la bière : situation du détaillant pendant les semaines 5 à 7

Semaine	Consommation	Moyenne des consommations	Stock début semaine	Livré aux consommateurs	Stock fin	Réception	Commandes non reçues	Commande au grossiste
5	520	504	570	520	50	500	2 040	529
6	470	500	550	470	80	575	1 994	528
7	490	499	655	490	165	575	2 025	407

On pourrait certes se demander pourquoi tous ont pris arbitrairement un stock de sécurité de 100. Mais s'ils calculaient leur stock de sécurité en appliquant

la règle : SS = 1,65 σ √4 pour un délai de livraison de 4 semaines avec un taux de service de 95 %, on aurait des stocks de sécurité :

– de 123 pour le détaillant,

– de 1 166 pour le grossiste,

– de 1 509 pour le distributeur,

– de 2 272 pour le brasseur,

ce qui conduirait à des résultats trop coûteux. En fait, on peut démontrer par simulations que les meilleurs résultats avec cette méthode sont dans ce cas obtenus avec des stocks de sécurité voisins de 100 pour chaque manager.

La cause du *bullwhip* est donc finalement l'attitude parfaitement rationnelle des décideurs à qui on ne saurait reprocher de reconstituer leurs stocks et de lisser leurs moyennes de consommation : c'est une prudence élémentaire avec un marché dont on ne sait pas s'il n'est pas en croissance ou décroissance ou plus vraisemblablement sujet à des variations saisonnières.

3.1.3 Comment remédier au *bullwhip effect* ?

À la suite d'un exercice de ce genre, les étudiants sont convaincus qu'il faut faire circuler tout au long de la chaîne l'information sur la consommation finale. Mais, il n'est pas tout à fait évident de déterminer quelles commandes doivent alors être passées à chaque stade. Les délais en effet restent importants et il faut toujours, selon la règle du jeu, 6 semaines de transport plus autant de temps de traitement des commandes pour transférer un lot depuis la brasserie jusqu'au détaillant. C'est toute l'ambiguïté du DRP qui doit prévoir l'avenir pour toute la *supply chain* avec un horizon relativement éloigné.

La solution est cependant très simple. En renonçant à tout stock de sécurité et en commandant systématiquement 500 à chaque commande et à chaque niveau, on obtient une *supply chain* qui ne coûte plus que 3 200 $ au lieu de 68 000 $ et dont le taux de service est alors de 0,997 au lieu de 0,97… Stupéfiant non ? Plus de *bullwhip* ! Chaque courbe de commande est une droite de niveau 500. Le paradoxe est qu'en acceptant de ne pas conserver et surtout de ne pas reconstituer de stocks de sécurité, on améliore le taux de service. Cela suppose bien entendu que l'on est capable de prédire la consommation finale avec un bon degré de certitude, ce qui n'est pas du tout évident à partir de la simple analyse de séries chronologiques. La prévision sera – ou est déjà – la clef de la logistique… On comprend aussi que les simulations et les APS (*Advanced Planning and Scheduling*) constituent un des points forts du DRP.

La cause de cet effet de *bullwhip* est donc double :

– prise en compte par lissage, d'une part, des variations accidentelles de la demande finale ;

– prise en compte des variations de commandes (en hausse ou en baisse), dues à la remise à niveau des stocks de sécurité des étages inférieurs.

La première difficulté est relative à l'analyse statistique de séries chronologiques pour lesquelles il est difficile de distinguer les fluctuations aléatoires des effets de tendance ou de variations saisonnières. Le remède qui consisterait à ne pas tenir compte de ces fluctuations risquerait dans la réalité économique d'être pire que le mal. En effet, le modèle présenté ci-dessus sans variations saisonnières

ni tendance est beaucoup trop simple sur des marchés à variations rapides et même de plus en plus rapides. C'est même une simplification pédagogique parfaitement irréaliste pour le marché de la bière. Une des premières analyses célèbres de tels phénomènes montre les variations de production et de vente de la soupe « *chicken noodle* » de Campbell, article saisonnier par excellence. Il en est de même dans de plus en plus de domaines : la durée de vie – en production – de plus en plus courte des ordinateurs individuels ou des mobiles en fait ce qu'on appelle parfois un « marché de la banane » où chaque variation de ces nouvelles denrées périssables doit être prise en compte très vite.

La deuxième difficulté, la plus importante, est l'incapacité pour chacun des gestionnaires de stocks de distinguer ce qui est variation de la demande globale et ce qui est modification de stocks des échelons inférieurs dans les variations des commandes qu'il reçoit. Chacun des gestionnaires de stock devrait ne pas tenir compte dans ses commandes des variations de stock des échelons inférieurs, variations qui devraient se compenser par des mouvements aléatoires en sens inverse dans les prochaines semaines. Mais comment les connaître ? Le remède évident consiste à échanger tout au long de la *supply chain* des informations sur la demande finale. C'est l'organisation de cet échange d'information qui est difficile à réaliser en s'efforçant de saisir la consommation aux caisses enregistreuses pour l'ensemble des participants à la *supply chain*, en attendant de la saisir à la sortie des réfrigérateurs…

En synthèse on peut conclure sur les principales recommandations pour limiter et maîtrise l'effet bullwhip :

– le développement d'un processus collaboratif tant interne entre les fonctions concernées que sont la production, le marketing, les ventes et la logistique qu'externes entre chaque acteur se situant de part et d'autre d'un même interface. Ce processus collaboratif concerne les prévisions des ventes, les quantités d'approvisionnement et de commande et les fréquences associées. L'objectif est de partager l'information pour instaurer la confiance entre les acteurs et augmenter la transparence de cette information. Le programme ECR (*Efficient Consumer Response*) intègre l'ensemble des solutions tactiques et opérationnelles pour concevoir, développer et mettre en œuvre de telles solutions collaboratives ;

– la mise en place d'une tour de contrôle qui prend en charge la centralisation des informations et joue le rôle de pilote de flux pour l'ensemble de la *supply chain* sans nécessairement prendre en compte l'exécution des opérations elles-mêmes. Une solution du type *4PL (Fourth Party Logistics)* s'apparente assez bien à cette approche, les acteurs de la chaîne acceptant de déléguer sous conditions contractuelles bien évidemment le pilotage de leurs flux ;

– l'accélération des interopérations et la réduction de leur nombre et ce, par exemple par l'accroissement de la flexibilité des opérations industrielles, la fragmentation des lots expédiés, le transfert automatisé des informations ;

– l'élimination des intermédiaires et la réduction du nombre des interfaces qui se traduit par la mise en œuvre du modèle direct qui a permis jusqu'en janvier 2007 à Dell d'être leader mondial dans son marché. Cette solution qui s'appuie sur la technologie internet n'est pas toujours envisageable dans le cadre de canaux de distribution qui sont structurés autour d'intermédiaires qui apportent leur valeur au niveau achat ou commercial ;

– la mise en place de la solution VMI (*Vendor Managed Inventory*) qui permet une délégation de la gestion des stocks du distributeur par son fournisseur ou CRP (*Continuous Replenishment Program*) qui s'appuie sur des techniques éprouvées dans le secteur automobile déjà mentionnées et qui dans le secteur de la distribution bénéfice de la connaissance des sorties de caisse des points de vente.

3.1.4 Mesure du *bullwhip effect*

Il faut donc considérer l'effet de *bullwhip* comme représentatif d'un phénomène réel même s'il est souvent moins prononcé que dans le jeu de la bière. On peut alors se demander comment le mesurer.

Il nous semble qu'un indice de *bullwhip* pourrait être le rapport entre le σ de la consommation finale et le σ des commandes à l'entrepôt usine. On pourrait préférer à ce dernier le σ de la production usine mais celui-ci peut être affecté par la gestion de production de telle sorte qu'il n'est plus représentatif des besoins de la *supply chain*.

Ce « taux de *bullwhip* » pourrait avoir la valeur :

– 1 si l'écart-type de la consommation finale se répercute intégralement sur celui de l'entrepôt usine : livraison directe au consommateur final ou au moins allotement effectué départ usine ;

– > 1 s'il y a un effet *bullwhip* ; dans l'exemple ci-dessus du jeu de la bière, le « taux de *bullwhip* » était de 649/35, soit 18,5 pour n'être plus que très proche de 1 dans le cas de passations systématiques de commandes de 500 ;

– < 1 s'il y a un effet de *bullwhip* négatif avec réduction du s par l'effet statistique de la proportionnalité des variances.

Plutôt que d'utiliser l'écart-type, on peut d'ailleurs utiliser aussi bien l'écart absolu moyen (en anglais MAD) qui est proportionnel à l'écart-type (au moins si la distribution est gaussienne, ce qui n'est d'ailleurs pas toujours le cas si l'effet de *bullwhip* est prononcé).

La mesure d'un tel taux suppose que l'on connaisse la consommation finale – au moins aux caisses enregistreuses – ce qui peut être souvent le plus difficile, et que l'on définisse une unité de temps commune. Ce choix d'une unité de temps n'est pas neutre car cette unité étouffe les variations qu'elle contient. D'autre part, s'il n'y a qu'un seul flux à la sortie de l'entrepôt de production, il se divise normalement en de multiples magasins au niveau de la consommation finale. Il faut alors, soit ajouter les σ en valeurs absolues, soit pondérer les σ en pourcentage par les moyennes de consommation. Cependant, si le « taux de *bullwhip* » ne pose pas trop de problèmes avec les variations de quantités d'un article représentatif, il devient plus difficile à déterminer avec une catégorie d'articles car il faut alors le pondérer par les valeurs avec toutes les difficultés classiques en ce domaine. Bien entendu, l'intérêt de mesurer le *bullwhip* est d'en analyser les causes et de prendre ensuite les mesures nécessaires pour le diminuer. Il y a donc là toute une voie à explorer pour un meilleur contrôle des flux au sein des entreprises et un beau champ de recherche pour la logistique.

3.2 Le DRP (*Distribution Resource Planning* ou *Distribution Requirement Planning*)

3.2.1 Principes et procédure

Le DRP est la création d'un Canadien, André J. Martin, consultant connu pour ses ouvrages et ses conférences, qui en eut l'idée en 1975 dans l'entreprise où il travaillait alors. Le sigle lui-même fait référence implicitement au MRP (*Material Requirement Planning*), cette méthode incontournable de la gestion de production qui, dans son principe de base, consiste à déterminer les besoins en composants à approvisionner sur un site de production à partir de prévisions de production et de l'analyse des composants qui entrent dans chacun des biens produits. L'idée du DRP est de recueillir les prévisions de vente aux clients, donc de produits finis, et de déterminer les approvisionnements nécessaires à ces différents entrepôts pour satisfaire au mieux ces prévisions de vente. On simule alors la remontée des besoins des entrepôts locaux vers les entrepôts régionaux puis nationaux. Les besoins de production qui en résultent deviennent alors le point de départ du MRP ou au moins de son PDP (programme directeur de production). Le DRP est donc typiquement le système de distribution d'un producteur. C'est seulement vers la moitié de la décennie 80 que les distributeurs qui constituaient peu à peu de grandes organisations logistiques avec entrepôts centraux, régionaux et points de vente, se sont préoccupés d'utiliser les mêmes techniques, même si leur souci n'était pas d'alimenter un PDP.

Les réalisateurs de progiciels se saisirent de l'idée qui constitua l'ossature des nouveaux progiciels de *supply chain*.

La démarche typique consiste donc à :

– Déterminer les besoins des entrepôts locaux :
  - à court terme : commandes à livrer ;
  - à moyen terme (quelques jours à quelques semaines) : prévisions.

– Pour les puristes de l'ECR, ce n'est pas les besoins des entrepôts du fabricant qu'il faut prendre en compte mais les consommations des clients finaux. Malheureusement, ce n'est que dans le cas de DRP collaboratif entre producteur et distributeur qu'une telle démarche sera possible, ce qui est encore rare (voir *infra*).

– Déterminer les ressources de ces entrepôts (stocks, produits en attente de réception, commandes en cours) avec leurs dates de disponibilité, compte tenu des délais normaux et les besoins précédents, ce qui permet de calculer la façon dont ces entrepôts vont donc pouvoir satisfaire les commandes à court terme et à moyen terme. On tient compte en plus, comme on le verra, d'un stock de sécurité destiné à compenser les imprécisions de la prévision. Le taux de service qui permet de calculer ce stock de sécurité peut être variable selon les produits. La différence entre ressources et besoins exprime des besoins à reporter vers les entrepôts régionaux pour chacune des périodes.

– Par consolidation des calculs précédents, déterminer les besoins des entrepôts régionaux.

Par consolidation des besoins des entrepôts régionaux, les besoins du ou des entrepôts nationaux.

Par consolidation de ces derniers, les besoins de fabrication.

– Par utilisation de programmes de gestion de production, les possibilités de satisfaire ces besoins par la fabrication.

– Il en résulte une proposition de plan d'approvisionnement – coordonné avec le plan de fabrication. Des améliorations peuvent être apportées en simulant différentes solutions pour remédier aux difficultés rencontrées. Une fois le plan approuvé, on peut lancer des ordres d'approvisionnement et gérer des prévisions d'ordres d'approvisionnement.

Le plan d'approvisionnement comprendra :

– les consommations prévues de chaque produit dans chaque entrepôt de base pour chacune des périodes analysées (voir *infra*) ;

– les besoins de chacun des entrepôts supérieurs ;

– les besoins de transport entre chacun des points de l'organisation logistique pour chacune des périodes ;

– les besoins de magasinage (place en magasin) ;

– éventuellement, le coût financier du stock par période et des indicateurs divers de ruptures de stock, retards, etc.

Ces informations doivent en principe permettre de tenir compte des fluctuations d'activité et de se préparer à l'avance à une augmentation ou une réduction d'activité en transport ou en entrepôt en prévoyant des heures supplémentaires, des réductions d'activité, des appels à de la sous-traitance logistique, etc.

3.2.2 Exemple

Supposons pour simplifier une usine qui approvisionne en un seul produit un magasin national qui approvisionne lui-même trois magasins régionaux (figure 3.5).

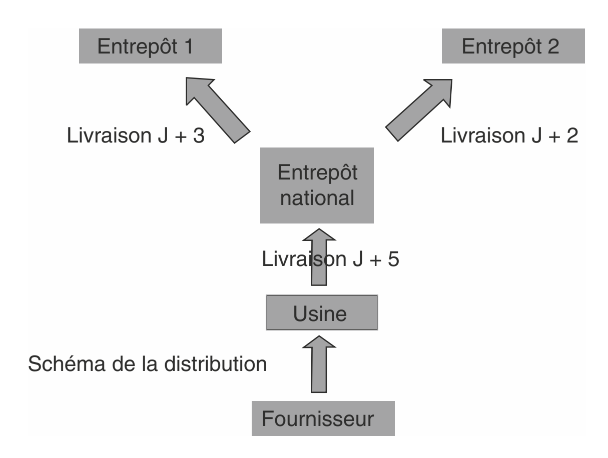


Figure 3.5 – Exemple de DRP.

On ne connaît pas les consommations élémentaires des clients mais seulement les consommations journalières moyennes dans les trois magasins régionaux.

On est au mardi 12 septembre au soir et l'on regarde la situation de l'entrepôt 1 ; cet entrepôt reçoit les expéditions du magasin national entre 7 heures et 12 heures pour des commandes expédiées trois jours ouvrables avant (la commande reçue le mardi 12 avait été lancée le jeudi 7) ; il prépare entre 12 heures et 18 heures les commandes reçues avant 12 heures qu'il expédie le lendemain matin (si c'est un jour ouvrable) ; les sorties sont de 1 500 en moyenne chaque jour sauf le jeudi où elles sont de 2 000 en moyenne, pour être livrées le vendredi matin et vendues le samedi par les supermarchés clients.

Tableau 3.5 – Exemple de DRP

Entrepôt 1	Stock 7 heures	Reçu	Préparation	Stock 18 heures	Expédié
Mardi 12	300	2 000	1 800	500	1 600
Mercredi 13	500	1 400	1 500	400	1 800
Jeudi 14	400	1 800	2 000	200	1 500
Vendredi 15	200	1 500	1 500	200	2 000
Lundi 18	200	1 500	1 500	200	1 500
Mardi 19	200	1 500	1 500	200	1 500
Mercredi 20	200	1 500	1 500	200	1 500
Jeudi 21	200	2 000	2 000	200	1 500
Vendredi 22	200	1 500	1 500	200	2 000

La situation du mardi soir est la suivante : le stock le matin était de 300. On a reçu 2 000 entre 7 heures et midi. On a préparé 1 800 pour livrer le mercredi matin (commande reçue la veille ou le jour même avant 12 heures), et il reste donc 300 + 2 000 – 1 800 = 500. On a expédié 1 600 le matin, commande préparée la veille.

On prévoit pour le mercredi matin des commandes de 1 500 à préparer le mercredi et à livrer le jeudi matin. La commande de 1 400 au magasin national du vendredi 8 arrivera le mercredi 13. Il restera donc 500 + 1 400 – 1 500 = 400 le mercredi soir.

Pour le jeudi 14, on recevra 1 800 du magasin national, commande passée le lundi 11. On prévoit de préparer 2 000 pour être livré le vendredi 15 au matin. Il restera le jeudi 14 au soir : 400 + 1 800 – 2 000 = 200.

Pour le vendredi 15, on devra préparer 1 500 à livrer le lundi matin 18. La commande qui arrivera le vendredi matin est à passer le mardi soir à l'entrepôt national avec le calcul sur les données prévisionnelles du vendredi :

Commande = préparation – stock 7 heures + stock de sécurité
= 1 500 – 200 + 200 = 1 500

etc.

On peut établir la même situation pour l'entrepôt n° 2 (tableau 3.6).

Tableau 3.6 – Exemple de DRP

Entrepôt 2	Stock 7 heures	Reçu	Préparation	Stock 18 heures	Expédié
Mardi 12	500	2 500	2 800	200	1 600
Mercredi 13	200	2 900	2 500	600	2 800
Jeudi 14	600	2 200	2 500	300	2 500
Vendredi 15	300	2 500	2 500	300	2 500
Lundi 18	300	2 500	2 500	300	2 500
Mardi 19	300	2 500	2 500	300	2 500
Mercredi 20	300	2 500	2 500	300	2 500
Jeudi 21	300	2 500	2 500	300	2 500
Vendredi 22	300	2 500	2 500	300	2 500

La consommation moyenne journalière est de 2 500 unités. Les commandes passées à l'entrepôt national sont livrées en deux jours. Il faut donc préparer le mardi soir la commande à l'entrepôt national qui sera livrée le jeudi matin avec le calcul sur les données prévisionnelles du jeudi 14 :

$$\text{Commande} = \text{préparation} - \text{stock 7 heures} + \text{stock de sécurité}$$
$$= 2\,500 - 600 + 300 = 2\,200$$

En ce qui concerne l'entrepôt national (tableau 3.7), les commandes doivent être passées à l'usine chaque mardi soir pour être livrées le mercredi matin de la semaine suivante. La consommation moyenne hebdomadaire est de 8 000 pour l'entrepôt 1 et de 12 500 pour l'entrepôt 2, soit en tout 20 500. On veut disposer d'un stock de sécurité de 5 000. On commandera donc le mardi 12 au soir 20 500 – 7 200 + 5 000 = 18 300 pour être livré le 20 au matin.

L'usine pourra programmer cette fabrication dans la semaine et prévoir éventuellement les approvisionnements nécessaires pour réaliser cette production (MRP).

Un tel exemple est tout à fait simpliste et l'on imagine bien les complications qu'apporterait un plus grand nombre d'entrepôts, de nombreux articles, des prévisions plus complexes, des stocks de sécurité plus précis, etc.

Bien entendu, les vrais problèmes se posent lorsqu'il n'est pas possible de satisfaire tous les besoins, par exemple si la demande est plus forte que prévue, si l'usine ne peut produire ce qui est demandé, si un camion est retardé, etc. Les progiciels proposent des algorithmes de répartition pour minimiser les impacts des ruptures de stock mais l'intervention du pilote de flux est déterminante.

Tableau 3.7 – Exemple de DRP

Entrepôt national	Stock 7 heures	Reçu	Préparation entrepôt 1	Préparation entrepôt 2	Stock 18 heures	Expédié
Mardi 12	6 400		1 400	2 900	2 100	4 500
Mercredi 13	2 100	25 000	1 800	2 300	23 000	4 300
Jeudi 14	23 000		1 500	2 300	19 200	4 100
Vendredi 15	19 200		1 500	2 500	15 200	3 800
Lundi 18	15 200		1 500	2 500	11 200	4 000
Mardi 19	11 200		1 500	2 500	7 200	4 000
Mercredi 20	7 200	18 300	2 000	2 500	21 000	4 000
Jeudi 21	21 000		1 500	2 500	17 000	4 500
Vendredi 22	17 000		1 500	2 500	13 000	4 000

3.2.3 Difficultés

Une telle démarche paraît simple et devrait remplacer toute gestion de stock aux différents niveaux locaux, régionaux et nationaux. Elle se heurte cependant à de nombreuses difficultés :

– Comme toujours, on ne peut se contenter d'enregistrer les commandes des clients locaux et il faut bien faire des prévisions et des prévisions fines, c'est-à-dire au niveau de chaque site local, ce qui est nettement plus difficile que des prévisions régionales ou nationales. La réconciliation entre des prévisions nationales et locales est difficile à faire. Il est donc nécessaire de maintenir des stocks de sécurité, ce qui enlève un des intérêts du DRP. En outre, si les prévisions évoluent trop vite dans le temps, elles ne permettent plus de bâtir un vrai plan de production : cette différence d'horizon entre la demande certaine, les prévisions à court terme pour satisfaire le plan d'approvisionnement et les prévisions à plus long terme nécessaires pour le plan de production, est un handicap majeur pour un fonctionnement « huilé » du DRP.

– Le système de transfert d'information entre tous les participants à la *supply chain* (locaux, régionaux, nationaux) doit être rapide (pratiquement instantané pour fournir des ordres d'approvisionnement correspondant à la situation immédiate). Ceci suppose de disposer d'une organisation informatique et de télécommunications très performante donc chère. On dit parfois que les stocks doivent être au moins exacts à 95 % pour obtenir des résultats corrects en DRP, ce qui peut paraître simple à obtenir mais ne l'est pas toujours si on prend en considération toutes les opérations en cours sur les stocks au moment où on établit la situation.

– Lorsque la situation évolue rapidement, il faut recalculer souvent le plan d'approvisionnement DRP. Or, l'importance des données à manipuler sur l'ensemble d'un pays ou même d'un continent avec de nombreux dépôts, ce qui multiplie le nombre des unités articles/stocks, fait qu'il est souvent difficile de trouver la bonne périodicité d'établissement du plan d'approvisionnement. On choisit donc souvent des horizons variables avec leur éloignement dans le temps : jours pour la semaine ou les semaines à venir, semaines pour les semaines suivantes, mois ou même trimestre pour les périodes suivantes.

– Un système DRP n'est intéressant que lorsqu'il existe une arborescence de stocks, ce qui, avec les progrès du *cross-docking* et les livraisons à partir d'un magasin unique, devient de plus en plus rare.

Les délais de transport, manutention, préparation doivent être connus et respectés, ce qui est souvent difficile.

– Le DRP doit prendre en charge toutes sortes de contraintes et c'est là un de ses intérêts :

• unités d'emballage par article en cartons et palettes, etc. ;

• capacités de transport de l'entreprise et de ses sous-traitants pour chacun des flux, avec éventuellement une optimisation du chargement des camions en tenant compte des tonnages et surfaces de plancher possibles par camion ;

• capacités des magasins à accueillir les produits sans bouleverser le rangement ;

• capacité des équipes de magasiniers à manutentionner et traiter les réceptions et expéditions ;

• capacité de production des usines, bien entendu ;

• possibilités de dépannage entre usines ou lignes de production, en tenant compte des coûts de transport supplémentaires générés.

Ces contraintes ne peuvent être toutes satisfaites, ce qui implique que le logiciel propose des solutions à partir d'algorithmes qui peuvent être relativement subtils. L'important est que le pilote de flux puisse déterminer facilement quels sont les articles qui posent des problèmes et éventuellement tenir compte de paramètres dont le système ne dispose pas : importance d'un client par exemple. Il pourra aussi utiliser des moyens exceptionnels hors DRP pour résoudre certains problèmes au coup par coup. Le métier de pilote de flux est loin d'être un métier de tout repos…

3.3 Utilisation du DRP pour des études de flux

Le DRP une fois en place constitue un outil de simulation pour mesurer l'impact logistique de modifications des flux :

– création d'une nouvelle organisation logistique, par exemple, dans le cadre de l'internationalisation de la structure de production et/ou de distribution d'une grande entreprise ;

– modification de l'organisation logistique : création ou suppression d'un entrepôt ou d'une plate-forme ;

– simulation de nouvelle organisation des transports (modification des horaires ou délais, regroupement pour obtenir de meilleurs tarifs, etc.) ;

– lancement de nouveaux produits ;

– impact de promotions ou de ventes particulières (quantités importantes), etc.

Ces simulations permettent de prendre des décisions commerciales ou de marketing en connaissant les conséquences qui peuvent en résulter. On peut par exemple déterminer quelle serait l'incidence d'une augmentation des ventes de 10, 15, 20 % à la suite d'une promotion avec campagne publicitaire. La probabilité de chacune des hypothèses et les conséquences possibles permettent de prendre une décision un peu moins aventureuse que si on ne peut procéder à de telles simulations.

Bibliographie

Sur le *bullwhip effect* et le théorème fondamental de la logistique

DORNIER P.-P., ERNST R., FENDER M., KOUVELIS P., *Global operations and logistics : text and cases*, John Wiley, New York, 1998.

FORRESTER J. W., *Industrial Dynamics*, MIT Press, Cambridge (Ma), 1962.

LEE H. L., PADMANABHAN V., WHANG S., « *The bullwhip effect in supply-chain* », *Sloan Management Review*, Spring 1997.

MARTIN A. J., *ECR. Démarches et composantes*, Jouenne et associés, Paris, 1997.

MASON-JONES R., Towill D. R., « Vaincre l'incertitude : réduire l'effet de coup de fouet sur les *supply chains* », *Logistique & Management*, vol. 7, n° 1, 1999.

Sur le DRP

ANDRE J. MARTIN, Drp : Distribution Resource Planning : The Gateway to True Quick Response and Continuous Replenishment, Ed : Oliver Wight Ltd Pub ; Rev : 1990.

BERNARD T. SMITH, *Focus Forecasting & Drp : Logistics Tools of the Twenty-First Century*, Ed : Monochrome Pr, 1994.

KIRSCH P., « DRP : gérer l'incertitude », *Stratégie Logistique*, n° 10, octobre 1998.

MARTIN A. J., *Distribution Resource planning – DRP, le moteur de l'ECR*, traduction française ASLOG, Jouenne et associés, Paris, 1988.

OCTAVIO A. CARRANZA TORRES FELIPE, A. VILLEGAS MORAN (Sous la direction de), *The Bullwhip Effect in Supply Chains : A Review of Methods, Components And Cases*, Palgrave MacMillan, 2006.

4 • LES STOCKS

4.1 Définition

4.1.1 Principes

La pratique des stocks est universelle ; elle n'est même pas propre à l'homme. Les écureuils qui amassent des noisettes ou autres graines pour l'hiver ne sont pas les seuls, non plus, à pratiquer cet art de la gestion des stocks. Tous les organismes vivants, le corps humain par exemple, utilisent peu ou prou des stocks. Cette gestion est une condition de survie et sa pratique est « câblée » dans l'instinct. Les premiers « cueilleurs » ou agriculteurs ont dû constituer des greniers pour stocker afin de survivre d'une saison l'autre. Il en résulte que le « modèle » du stock est un des modèles fondamentaux de l'homme, ce qu'on appelle depuis Kuhn, un « paradigme ». Face à un paradigme, on a toujours intérêt à conduire l'analyse avec beaucoup de soin afin d'éviter des comportements « instinctifs », source d'erreurs et de sous-optimisation.

Soit un réseau de flux, de quelque nature que ce soit. Aux nœuds de ce réseau (les sommets d'un graphe orienté), on a des flux entrants et/ou des flux sortants. Si la somme des flux entrants pendant une période de temps n'est pas égale à la somme des flux sortants, il y a accumulation à ce nœud, d'un stock positif ou négatif. L'idée d'un stock négatif n'est pas invraisemblable pour celui qui regarde la situation de son compte bancaire en fin de mois...

Le modèle du stock est cependant un peu plus complexe. N'importe quelle accumulation de n'importe quoi n'est pas un stock. Il faut en plus une finalité.

Il faut en plus une finalité ce qui signifie que le stock doit être toujours considéré comme la conséquence soit d'une règle de gestion résultant d'une décision ou d'un arbitrage, soit d'un mode d'organisation entre des fonctions impliquées sur le niveau des stocks ou à un niveau opérationnel au niveau par exemple du processus de production ou d'entreposage des produits.

Il y a stock, lorsqu'il y a contrôle du stock, ce qui suppose un objectif et un mécanisme de régulation. On s'attachera aux finalités par la suite après avoir précisé les mécanismes de base de la régulation.

4.1.2 Mécanismes de régulation

On peut d'abord, pour simplifier le modèle, supposer qu'il n'y a que deux flux, un flux entrant et un flux sortant, et un seul produit stocké. La régulation du stock suppose une possibilité d'action sur le flux entrant et/ou sur le flux sortant. Le paysan bamiléké qui remplit son grenier après la moisson ne peut

agir ensuite que sur le flux sortant en réduisant sa consommation en période de disette. Au contraire, le marchand wolof de cacahuètes ne régule que son approvisionnement en fonction de ses ventes.

Pour réguler des flux, il faut un mécanisme régulateur : cerveau humain, ordinateur, dispositif mécanique comme la chasse d'eau des WC ou dispositif électromécanique ou électronique, comme un régulateur PID.

Il faut en outre connaître la situation du stock soit à n'importe quel moment (en tenant à jour une représentation permanente, un modèle), soit à des périodes de scrutation.

C'est la distinction importante qu'il convient de faire entre le suivi des stocks dont la mission est de s'assurer de la justesse de la connaissance des stocks au niveau informatique et comptable par rapport au niveau physique de ces stocks et la gestion des stocks dont la mission est de définir les règles du jeu qui conduisent au niveau des différents types de stock.

Dans le second cas, on peut mesurer le niveau du stock à chaque période de scrutation : capteur de niveau, bras du flotteur de la chasse d'eau, inventaire physique du magasinier, etc.

Si l'on considère des entrées et sorties discrètes, l'équation fondamentale d'un stock est en effet :

$$\text{Stock } (n) = \text{Stock } (n-1) + \Sigma\,\text{Entrées} - \Sigma\,\text{Sorties}$$

On peut déterminer le niveau de stock à n'importe quel moment à partir du niveau précédent et de la connaissance des entrées et des sorties. Les résultats de ces calculs peuvent cependant dériver progressivement par rapport au stock réel à la suite d'erreurs dans l'enregistrement des entrées et sorties. Il faut donc procéder à des inventaires périodiques de recalage.

En comptabilité par exemple, on distingue la technique de l'inventaire annuel et celle de l'inventaire permanent. L'inventaire physique annuel par le ou les magasiniers permet d'établir les quantités en stock et donc de déterminer les valeurs du stock au jour de l'établissement du bilan (qui lui est même une sorte de mesure des stocks de « valeurs » de l'entreprise – y compris des stocks proprement dits – par opposition au compte d'exploitation qui mesure des flux pendant l'exercice comptable). L'inventaire permanent consiste pour un stock comprenant plusieurs articles, à recenser périodiquement une partie des articles en stock de telle sorte que, par exemple, tous les articles aient été recensés une fois dans l'année.

En régime stable, le flux d'entrée doit être égal au flux de sortie sur une période de temps caractéristique du stock, sinon le stock tendrait vers zéro ou s'accroîtrait indéfiniment. Dans un stock où la variable de régulation est le flux d'entrée (un stock de commerçant par exemple), la période caractéristique de ce stock est la période qui sépare deux réapprovisionnements. Pendant cette période, le stock diminue régulièrement. Ainsi, dans une grande surface, le chef de rayon fait son inventaire tous les soirs ou trois fois par semaine pour déterminer ce qu'il va réapprovisionner.

Lorsque le niveau du stock ne permet plus de satisfaire le flux sortant, on parle de rupture de stock. Lorsque la capacité de stockage ne permet plus de recevoir le flux entrant, on est dans une situation sans nom et l'on peut parler « d'embouteillage », par analogie avec la bouteille pleine. Ainsi un feu rouge sur une voie à sens unique, constitue une régulation du stock des automobiles.

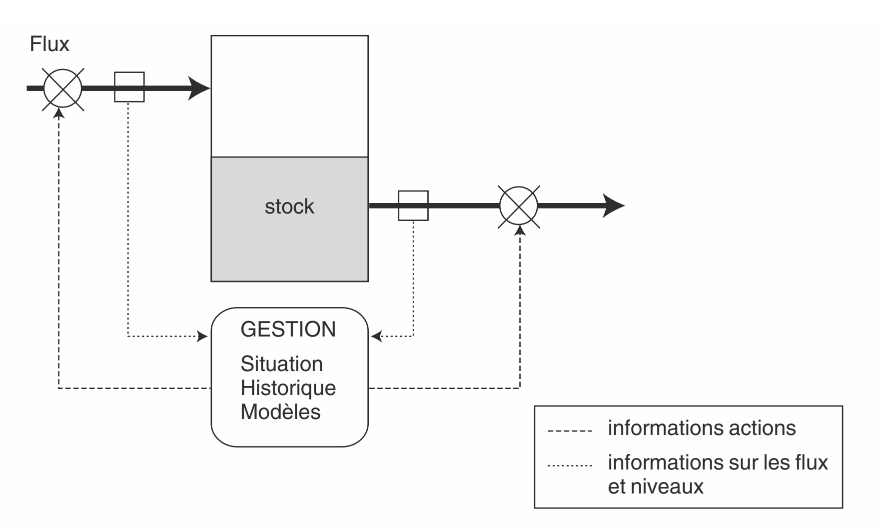


Figure 4.1 – Régulation de stock.

Le stock de voitures accumulées au feu rouge s'écoule au feu vert en même temps que le flux entrant. Si, par rapport au flux entrant, l'espace réservé à ce stockage des voitures est trop petit ou si le temps du feu vert est trop court ou si le flux sortant est ralenti pour une raison ou une autre, on arrive à une situation d'embouteillage. Une caractéristique importante d'un stock est donc sa capacité de stockage (figure 4.1).

Pour réguler un stock, on peut soit réduire ou augmenter le flux entrant (ou le flux sortant) : c'est ce que fait parfois un agent au carrefour en faisant accélérer les voitures ou un fontainier en ouvrant plus grand la vanne ou un commerçant en passant ses commandes... On peut aussi réduire ou augmenter le flux sortant : rationnement, promotions commerciales, lâcher de barrages, etc.

Pour réguler un stock, il faut prévoir ce que sera le flux que l'on ne contrôle pas entre deux opérations de régulation. Gérer un stock, c'est prévoir.

Cette prévision peut se faire à partir de l'analyse statistique des flux passés, ce qui suppose que l'on soit capable de déterminer une « loi ». Elle peut aussi se faire à partir de données extérieures au système par la connaissance anticipée des facteurs qui régissent le flux non maîtrisé. Ainsi en est-il du gérant d'entrepôt qui reçoit la liste des commandes à expédier le lendemain et peut déterminer de combien il va devoir se réapprovisionner aujourd'hui pour satisfaire les commandes de demain.

À partir de cette analyse très théorique, il est donc possible de caractériser un stock :

– pour chaque flux, déterminer :
  • s'il s'agit d'un flux d'entrée ou de sortie,
  • s'il est discret ou continu,
  • si le flux est régulable ou seulement prévisible (s'il n'est ni l'un ni l'autre, on est très ennuyé...) ;

– pour la capacité de stockage, connaître son maximum et son minimum (le plus souvent nul mais parfois négatif) ;

– pour un flux régulable, connaître son débit minimal et maximal, les valeurs de régulation qu'on peut lui donner et le temps de réaction entre une décision de modification et son exécution (hysteresis) ;

– pour un flux prévisible continu connaître sa loi d'écoulement ou disposer de prévisions ;

– pour un flux prévisible discontinu connaître la loi de répartition des « grappes » et leur loi d'arrivée ou des prévisions (cette notion de « grappe » est importante car ce n'est pas la même loi qui caractérise des arrivées ou des sorties d'un item à des intervalles de temps variables ou des arrivées ou sorties d'un nombre variable d'items à des intervalles de temps variables) ;

– nature de l'organe de régulation ;

– méthode de détermination du niveau du stock ;

– période de scrutation ou de calcul du niveau de stock ;

– méthode de détermination des régulations à effectuer (temps, nature et paramètres).

4.1.3 Finalités et actions d'optimisation des stocks

Une analyse typologique des stocks permet d'identifier 6 grandes catégories de stock :

– Le stock de sécurité qui a pour objectif de répondre à un aléa, un évènement, un risque que celui-ci concerne le flux amont (*inbound flow*) ou le flux aval (*outbound flow*). Les risques potentiels sont florilège tels que : une demande supérieure à la moyenne, un retard de livraison, une panne machine, une grève, ou encore un défaut de qualité. Le dimensionnement de ce stock est fonction de l'écart type caractérisant la distribution statistique de l'aléa concerné ;

– Le stock outil plus communément appelé stock d'en-cours soit le WIP (*Work In Progress*). Il résulte fondamentalement du type d'outil de production ou de distribution utilisé. C'est le résultat d'un calcul économique d'optimisation, comme cela est explicité dans ce qui suit, entre les coûts antagonistes que sont le coût de changement d'outil ou de passation de commande et le coût du stock qui conduit à dimensionner la taille optimale d'un lot (*batch*). Il peut aussi résulter d'un délai client (*Order-to-Delivery*) souhaité dans les cahiers des charges inférieur au délai technique de mise à disposition du produit à ce client ou encore générés par des barèmes quantitatifs (BQ) attractifs qui conduisent un distributeur à massifier ses approvisionnements pour obtenir la remise quantitative liée à la commande d'un camion complet plutôt que de fractionner ses appels de livraison ;

– Le stock d'anticipation est le résultat de la non synchronisation du profil des ventes et de la production ou encore du profil des approvisionnements et de la production du fait de la saisonnalité du flux entrant ou sortant et du caractère plus fixe que variable de la capacité de production. Ce stock est utilisé comme levier de lissage de la production et donc comme réservoir de capacité.

– Le stock mort ou obsolète qui est le fruit d'une mauvaise prévision des besoins ou de la demande, de l'introduction par le marketing d'un nouveau produit qui déclasse les anciennes références ou encore d'une évolution technologique qui met au rebut les composants que l'on a dû approvisionner en masse pour éviter des ruptures de pénurie ;

– Les stocks imposés par la réglementation comme dans l'automobile ou l'aéronautique, secteurs dans lesquels la fin de la commercialisation d'un véhicule ou d'un aéronef n'implique pas la fin de la fourniture de pièces de rechange pour permettre les réparations et ce, souvent pendant une période de 10 ans ;

– Le stock spéculatif qui répond à des motivations essentiellement financières l'idée étant de générer de la marge en spéculant soit sur une appréciation de la valeur de stock dans le temps (matières premières) soit sur une augmentation tarifaire des produits finis. Un *trade-off* est alors estimé entre le surcoût de détention physique et financier du stock et le gain de marge lié à non-augmentation du prix des marchandises.

La recherche de fluidité entre la source de production et la demande du client qui se traduit par l'accélération du flux s'accompagne mécaniquement de la baisse des stocks. Identifier et implémenter des actions de réduction des niveaux de stocks est donc un objectif clef de tout logisticien.

L'approche typologique proposée permet d'identifier les actions possibles pour réduire ces stocks catégorie par catégorie de stock. Certaines de ces actions sont spécifiques à une catégorie donnée alors que d'autres sont communes et revêtent donc un intérêt tout particulier. Parmi les actions communes, il faut noter l'action capitale de réduire les interopérations déjà notées dans le chapitre précédent au sujet de l'effet *bullwhip*. Cette réduction permet de réduire le délai d'écoulement des produits et de rendre possible un processus de différenciation retardée combinant les logiques *Make To Stock* en amont et *Make To Order* en aval, voire de systématiser un processus *Make To Order* ou *Build To Customer Order.* L'enjeu est de quitter le monde du prévisionnel et de ses aléas et risques et de vivre dans le monde de la demande réelle en réduisant les horizons de planification mais aussi de réduire les tailles de lot et donc de mieux coller à la demande sans appliquer des calculs de quantité économique.

Les actions spécifiques sont nombreuses et concernent la fiabilisation des systèmes de prévision, la mise en œuvre de prévisions collaboratives, la mise en place des approches TPM (*Total Productivity* Maintenance) et TQC (*Total Quality* Control), la remontée automatisée d'informations de la demande vers la source pour les stocks de sécurité, la flexibilité des outils de transport, d'entreposage et de production pour les stocks outils, la sous-traitance, le recours à la main-d'œuvre intérimaire, les promotions, l'investissement en surcapacité pour les stocks d'anticipation, la fiabilité des prévisions et la conception modulaire des produits autorisant les substitutions de pièces pour les stocks réglementaires, et enfin le lissage des hausses de prix (*Every Day Low Price*) pour les stocks spéculatifs.

4.2 Analyse d'un stock

4.2.1 Segmentation par les utilisations et les contraintes logistiques

Un stock est souvent constitué de produits hétérogènes. Ce peuvent être des produits ayant des caractéristiques logistiques très différentes : produits frais et produits secs dans l'alimentation, produits électroniques et câbles dans les télécommunications, etc. Il importe de bien distinguer des produits qui demanderont des conditions différentes de transport, de manutention et de stockage.

C'est un problème que l'on retrouvera dans l'étude des schémas directeurs logistiques au chapitre 18.

Mais il est plus important encore de segmenter un stock à partir de ses paramètres d'utilisation. Un stock, même constitué de biens logistiquement homogènes, peut être destiné à satisfaire des besoins de clientèles différentes ou des besoins différents d'une même clientèle. Ainsi les besoins de grossistes ne seront pas les mêmes que ceux de détaillants livrés directement ni en quantités de chaque livraison, ni en fréquence de livraison, ni en horaires, etc. En fait ce qui est alors important n'est pas l'analyse du stock mais l'analyse du flux. Il n'y aura lieu de segmenter le stock que si la différenciation des flux impose une différenciation des unités de conditionnement. Cependant il est évident, que pour la gestion des stocks, il est indispensable de segmenter les divers flux qui concernent le stock. On retrouvera ce type d'analyse au chapitre 5 sur les prévisions. Pour l'instant nous nous limiterons à l'analyse du stock proprement dit en supposant que ce stock est homogène, tant logistiquement que du point de vue de ses utilisations.

4.2.2 La loi de Pareto et les stocks

À la fin du XIXe siècle un statisticien italien, Pareto, étudiant la distribution des revenus fiscaux, mettait au point des lois statistiques connues depuis sous le nom de loi de Pareto. En simplifiant, on peut considérer que 20 % des bénéficiaires de revenus, les revenus les plus élevés, représentent 80 % de la totalité des revenus. On parle souvent aussi de loi 20/80 ou 80/20 ce qui revient au même. Bien entendu les travaux de Pareto sont de nature statistique et ne concernent pas seulement des revenus. Mais il se trouve que beaucoup de phénomènes peuvent être représentés par des lois de ce type, et particulièrement les stocks. Ce qui est important, chaque fois qu'on est capable de modéliser un phénomène, c'est de savoir pourquoi on obtient tel type de modèle et c'est ce que nous devons tenter de faire avec les stocks.

Voici par exemple, l'analyse de la consommation (en valeur) d'un stock de 1 000 articles techniques. Précisons qu'il s'agit ici d'un stock destiné à des réalisations quasi industrielles d'assez grande technicité et non d'un stock de produits de consommation.

Pour la réaliser, on trie les articles dans l'ordre des consommations (en valeur) décroissantes. Puis on calcule les pourcentages d'effectif cumulé et de consommation cumulée pour chaque article (tableau 4.1 et figure 4.2).

On constate que 11,85 % de l'effectif des articles ont une consommation cumulée qui représente 79,85 % de la consommation totale. On est un peu en dehors des stocks classiques pour lesquels on a plus souvent un rapport du type 20/80 ou approchant. On peut donc se demander pourquoi on a un tel résultat pour ce stock et, plus généralement, pourquoi l'on trouve des lois de Pareto dans l'analyse de beaucoup de stocks.

On parle d'analyse ABC car on attribue un code « A » aux articles les plus consommés, un code « C » aux moins consommés et un code « B » aux autres[1].

1. On ne confondra pas cette analyse ABC classique avec une méthode comptable américaine relativement récente baptisée elle aussi ABC pour *Activity Based Costing.*

Tableau 4.1 – Tri des articles dans l'ordre des consommations décroissantes

N° article dans la nomenclature	Prix unitaire de l'article	Total consommation pendant la période	Valeurs consommation de la période	Cumul des consommations en valeur	Rang de l'article par consommation décroissante	% effectif = rang/1000	% valeur (= cumul article / total)	Classement ABC A ≤ 70 % 80 % ≥ B > 70% C > 80 %
1827	1 170,00	5 418	6 339 060	6 339 060	1	0,10	6,60	A
7224	1 070,00	4 413	4 721 910	11 060 970	2	0,20	11,52	A
7196	228,50	11 495	2 626 608	13 687 578	3	0,30	14,25	A
1554	1 660,00	1 538	2 553 080	16 240 658	4	0,40	16,91	A
8956	196,00	10 571	2 071 916	518 312 574	5	0,50	19,07	A
7724	1 070,00	1 734	1 855 380	20 167 954	6	0,60	21,00	A
3641	1 305,00	1 028	1 341 540	21 509 494	7	0,70	22,40	A
2512	564,00	2 297	1 295 508	22 805 002	8	0,80	23,75	A
Etc.								

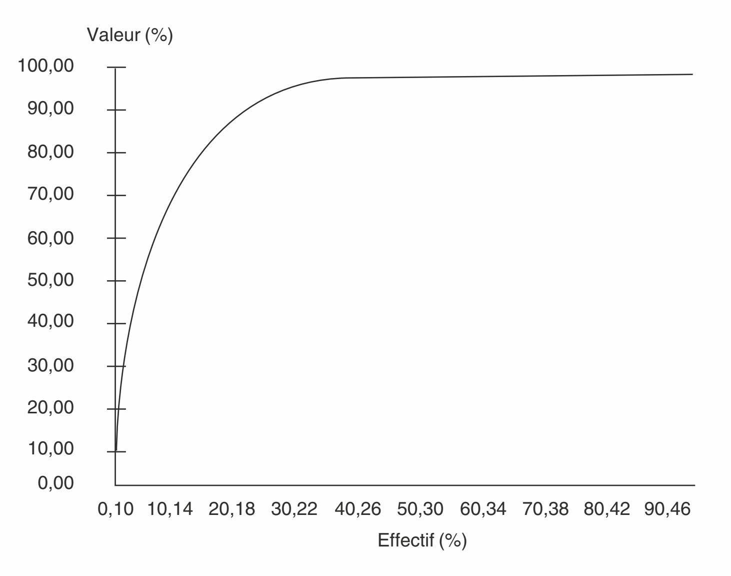


Figure 4.2 – Pareto de la consommation en valeur de 1 000 articles techniques.

4.2.3 À la recherche d'un modèle de représentation de la répartition en valeur des articles d'un stock

Si quelques articles représentent une part importante des consommations en valeur, c'est soit qu'ils sont particulièrement chers, soit qu'ils sont particulièrement consommés ou, mieux encore, qu'ils sont les deux à la fois. L'analyse ABC ne permet pas de séparer ces deux aspects qui sont pourtant tout à fait différents. Il peut donc être utile de procéder à trois analyses ABC différentes : une analyse ABC du catalogue (sur les prix unitaires), une analyse ABC des consommations en quantité, même si ces unités de quantité ne sont pas homogènes et l'analyse ABC classique sur les consommations en valeur. Voici, toujours pour les mêmes articles, la courbe de Pareto du catalogue, analyse réalisée uniquement à partir des prix unitaires sans tenir compte des consommations (figure 4.3). On pourrait objecter que les pourcentages en ordonnée qui représentent des pourcentages du total des prix n'ont pas grand sens car ce total des prix ne représente rien. L'analyse nous montre cependant à quoi ressemble la répartition des prix de ces articles indépendamment de leur consommation. On est tout à fait dans la loi des 20/80 car 18,27 % des articles représentent alors 79,93 % de ce total cumulé des prix.

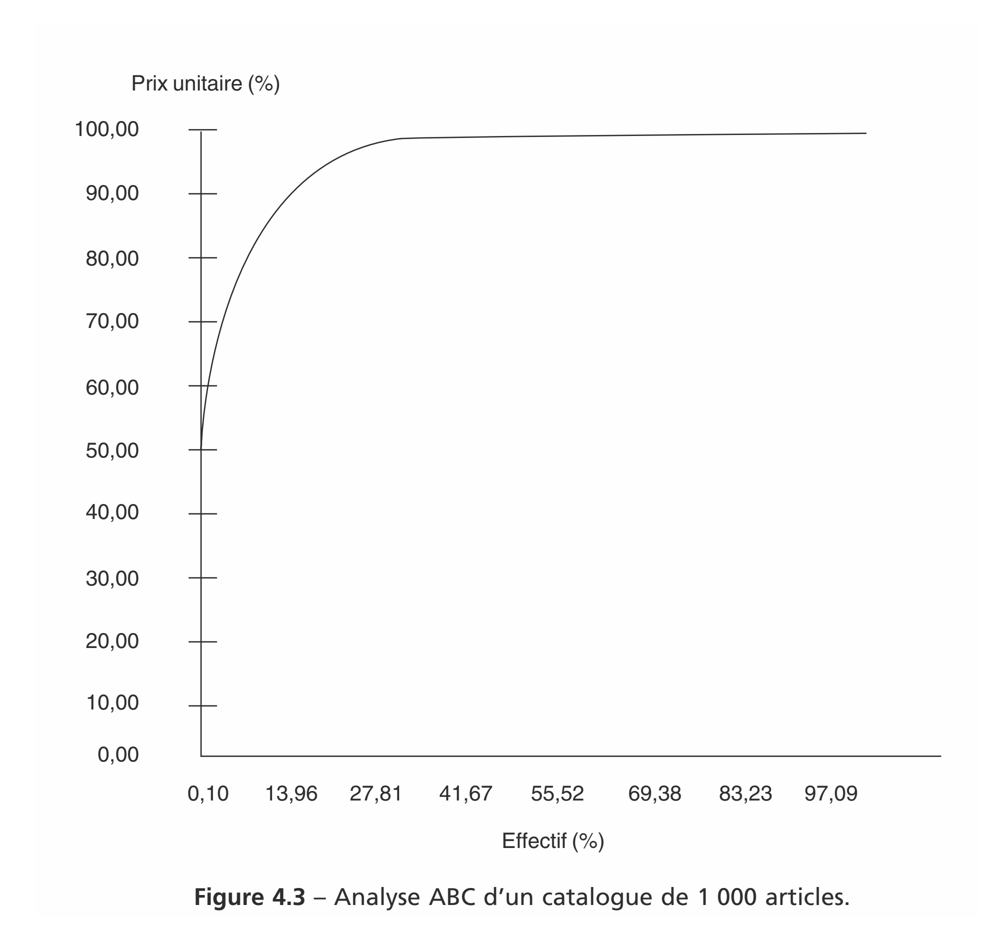


Figure 4.3 – Analyse ABC d'un catalogue de 1 000 articles.

On peut de la même façon représenter l'analyse ABC des consommations de ces mêmes articles en quantité et sans tenir compte de la valeur des articles (figure 4.4). Ce total de nombre d'articles consommés est là encore tout à fait hétérogène, mais il nous permet de voir à quoi ressemble la répartition des consommations de ces articles indépendamment de leur prix. Il faut cependant prendre garde que l'analyse peut se trouver tout à fait modifiée si l'on change les unités de gestion. Ainsi un touret de câble de 600 mètres peut être géré au mètre, soit 600 unités, ou au touret (1 seule unité). La place de cet article risque de ne plus être du tout la même dans l'un et l'autre cas. Ce type d'analyse est donc à considérer avec beaucoup de prudence, contrairement aux analyses de consommations en valeur qui, elles, correspondent directement à une approche économique.

On voit dans cet exemple que la courbe de Pareto est encore plus accentuée et que le phénomène prend une très grande importance.

C'est le produit de ces deux phénomènes qui nous explique la forme relativement accentuée de la courbe de Pareto de notre exemple avec une prédominance de la répartition des quantités dans l'explication du phénomène.

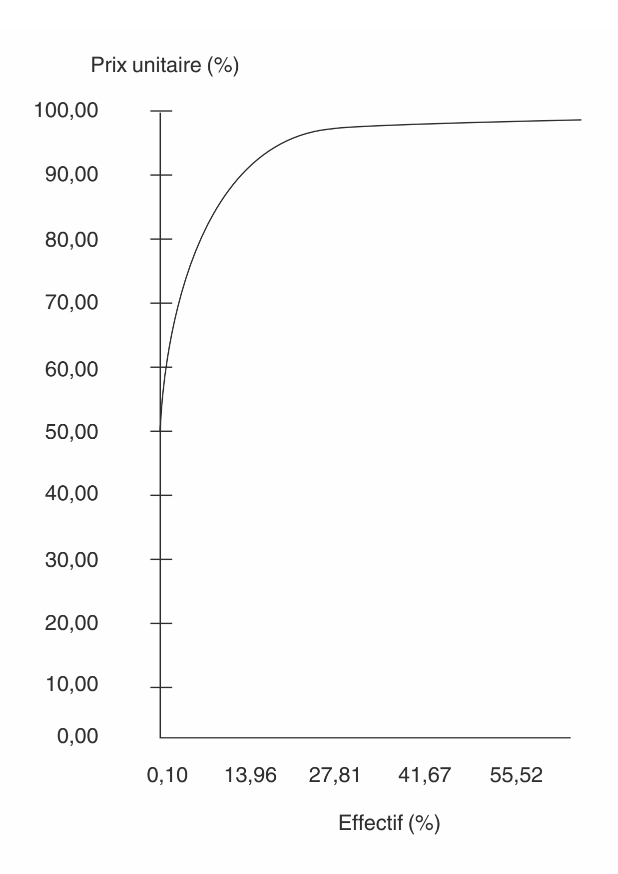


Figure 4.4 – Analyse ABC des consommations (en quantité) de 1 000 articles.

Dans l'exemple précédent, on peut voir comment la combinaison du prix et de l'importance des consommations tend à diminuer l'importance du phénomène ; on a représenté sur le tableau 4.2 le nombre d'articles ayant un prix fort, moyen ou faible et une consommation importante, moyenne ou faible et l'on voit que les catégories extrêmes ne se combinent pas entre elles de telle sorte que les effets de catalogue et de consommation ne se multiplient pas l'un par l'autre :

Tableau 4.2 – Classement des articles par prix et par consommation

		Prix			
		< 500	**> 501 et < 5 001**	**> 5 000**	**Total**
	< 1001	517	205	18	740
Consommation	**> 1000 et < 500 001**	244	11	0	255
	> 500 000	5	0	0	5
	Total	766	216	18	1 000

On notera que le rapport de l'échelle des consommations est supérieur à 1/500 alors que le rapport de l'échelle des prix est supérieur à 1/10.

On aurait pu penser que la distribution type de Pareto résulterait simplement de la distribution des consommations des articles par rapport à l'échelle de leur prix. Si, par exemple, les articles se répartissaient également autour d'un prix moyen selon une distribution normale, on pourrait penser que l'effet des prix les plus élevés d'une part et celui des prix les moins élevés sur des quantités comparables d'autre part provoquerait une certaine dissymétrie de la répartition des articles en valeurs de consommation. C'est exact mais insuffisant pour expliquer une distribution de Pareto. L'explication est en réalité triple :

– l'effet combinatoire décrit ci-dessus ;

– une dissymétrie très forte dans les consommations en quantité ; c'est le phénomène principal de notre exemple et qui s'explique par la spécialisation du stock pour une utilisation technique déterminée ;

– une dissymétrie dans la répartition des coûts des articles.

Cette dernière dissymétrie s'explique. On peut résumer l'explication par la formule suivante : « les articles les plus chers sont aussi très chers ». Un article peut être cher pour plusieurs raisons :

– parce qu'il est d'un degré de complexité (de réalisation) plus grand qu'un autre,

– parce qu'il fait appel à des ressources rares (et donc probablement chères),

– parce qu'il est peu consommé en général et donc n'est pas produit de façon industrielle à coût réduit.

Ces trois causes ne sont pas indépendantes. La cherté peut expliquer une part de la faible consommation. On prendra garde cependant qu'un article qui est beaucoup consommé dans un stock peut être un produit de faible consommation sur le marché des produits de ce type. La complexité de réalisation découlera en général d'un degré de performance élevé et/ou d'un haut degré de complexité intrinsèque. Dans les deux cas, la conception et la réalisation du produit font appel à des ressources rares. Le coût d'obtention de ce degré de complexité et/ou de performance n'est pas proportionnel au degré atteint. On sait depuis Ricardo[1] que l'on se heurte alors à ce qu'on appelle « la loi des rendements décroissants » et que plus l'on va loin vers la performance, plus le coût augmente, cela bien plus que proportionnellement.

4.2.4 Conséquences de la loi des 80/20 (lorsqu'elle se vérifie)

Cette connaissance de l'analyse ABC d'un stock est fondamentale. Elle va permettre au gestionnaire de stock :

– de repérer les articles les plus chers dont il doit se préoccuper car ils coûtent cher à stocker ;

– de repérer les articles qui ont les consommations les plus importantes, ce que les Américains appellent les *fast-movers* par opposition à ceux qui sont peu consommés (les *slow-movers*). Dans un magasin par exemple, on placera à part les articles qui bougent beaucoup, le plus près possible du lieu de préparation des expéditions de façon à diminuer les trajets des magasiniers lors du *picking* ;

– plus généralement d'organiser sa gestion à partir de cette analyse ABC.

On a vu qu'un gestionnaire de stock a l'habitude de distinguer trois catégories d'articles A, B et C selon l'importance de leur consommation (analyse ABC reposant sur une distribution de Pareto) :

– les articles A qui peuvent par exemple représenter 10 % des articles et 60 % de la consommation en valeur ;

– les articles B qui peuvent représenter 10 % des articles et 20 % de la valeur des consommations ;

– les autres qui représentent alors 80 % des articles et 20 % de la valeur des consommations.

Il va chercher à réduire systématiquement le stock des articles A et B par rapport aux articles C. Aurait-il tort ? Il peut mettre en œuvre une telle politique en adoptant par exemple un taux de service plus fort pour les articles C que pour les articles A ou B. Il diminue ainsi le stock de sécurité des articles A et B par rapport aux articles C. Il justifie une telle attitude en expliquant qu'il pourra ainsi surveiller de plus près ces articles A et B et éviter ainsi les ruptures de stock malgré un taux de service faible. Mais il peut aussi diminuer les quantités de commande des articles A et B en multipliant les commandes. En principe le coût de passation d'une commande supplémentaire au-delà de l'optimum devrait être plus élevé que la réduction corrélative de son coût de possession à travers la réduction de stock correspondante.

---

1. Ricardo, économiste anglais de la fin du XVIIIe siècle et du début du XIXe.

Il est clair qu'il faudra choisir la bonne méthode de gestion du stock d'une catégorie de pièces donnée en fonction du profil de cette catégorie et ce, à partir des méthodes génériques de pilotage des stocks explicitées dans le paragraphe 4.4.

4.3 Autres analyses des stocks

Si l'analyse ABC est très importante pour la connaissance d'un stock, elle est loin d'être suffisante pour sa gestion.

L'analyse des mouvements se prête, comme on l'a vu, à l'analyse ABC, mais l'analyse des variations de consommation dans le temps est à la base de la plupart des méthodes de prévision stochastiques. On verra ainsi comment on peut analyser des variations diachroniques de tendance ou de saisonnalité et des variations synchroniques représentables par des lois de distribution statistique.

L'analyse des grappes de consommation n'est pas sans intérêt : mais il faut noter qu'au-delà du nombre d'unités sorties du stock, que l'on soit dans la gestion des stocks sur linéaire d'un réseau de 1600 points de vente de l'un des leaders du négoce des matériaux de construction en France ou celle des pièces de rechange des aéronefs de l'Armé de l'Air française, le nombre de tirages d'une pièce sur une période annuelle est un critère important. Il n'est pas rare que certaines références articles ne soient tirées du stock qu'une ou deux fois sur une période annuelle ce qui rend les prévisions de consommation très aléatoires.

Les lignes de sorties de stocks constituent un paramètre important de l'activité logistique particulièrement pour la préparation des commandes. Les poids et volumes sont d'autres paramètres dont on verra l'importance dans la réalisation d'un schéma directeur logistique, mais ils servent aussi tous les jours à la préparation des chargements et des tournées de livraison.

Une analyse importante d'un stock est l'analyse des stocks morts ou sur-stocks, c'est-à-dire des stocks pour lesquels il n'y a plus que très peu de mouvements (sur-stocks) ou pas du tout (stocks morts). Il est évident qu'il faut se débarrasser de tels stocks sauf s'il apparaît qu'un besoin peut malgré tout surgir et que la conséquence de cette rupture improbable serait catastrophique (pièce de sécurité).

Ceci est particulièrement vrai des pièces de rechanges que l'on devra étudier spécialement en prenant en compte toutes sortes de caractéristiques relatives à leur utilité ou plus fondamentalement à leur essentialité.

4.4 Pilotage des stocks

Les deux questions essentielles auxquelles doit répondre tout gestionnaire de stock sont :

– quelle quantité dois-je réapprovisionner ?

– selon quelle périodicité ?

Dès lors, on peut rendre la quantité et la périodicité soit fixe avec des valeurs calculées (quantité économique de commande) ou figées à l'avance, soit varia-

ble. On peut imaginer a minima 4 méthodes génériques selon que quantité et périodicité sont simultanément fixes ou variables.

4.4.1 Les deux méthodes génériques de gestion des stocks

Il y a deux façons de gérer un stock dans le temps. On peut soit passer des commandes à une date précise : le 1er du mois par exemple et l'on parle alors de réapprovisionnement à période fixe. On peut au contraire attendre que le stock tombe en dessous d'un certain niveau pour passer une commande et l'on parle de réapprovisionnement sur point de commande.

La détermination du point de commande est en principe très simple : il suffit de le fixer de telle façon que le stock soit au minimum lorsque la commande arrivera ce qui revient à fixer un point de commande égal à la consommation pendant le délai de réapprovisionnement[1]. Comme on n'est pas le plus souvent capable de prévoir avec exactitude la consommation pendant ce délai de livraison, on ajoute au niveau de ce point de commande théorique une certaine quantité appelée stock de sécurité. On verra au chapitre 5 comment l'on peut déterminer ce stock de sécurité. En fait, en moyenne et par le jeu de ce stock de sécurité, le stock ne sera pas à zéro au moment de l'arrivée de la commande, mais quelque part au-dessus ou au-dessous du niveau du stock de sécurité et, plus rarement à zéro par rupture de stock avant l'arrivée de cette commande si la consommation a été plus forte que la moyenne au-delà de ce stock de sécurité (figure 4.5).

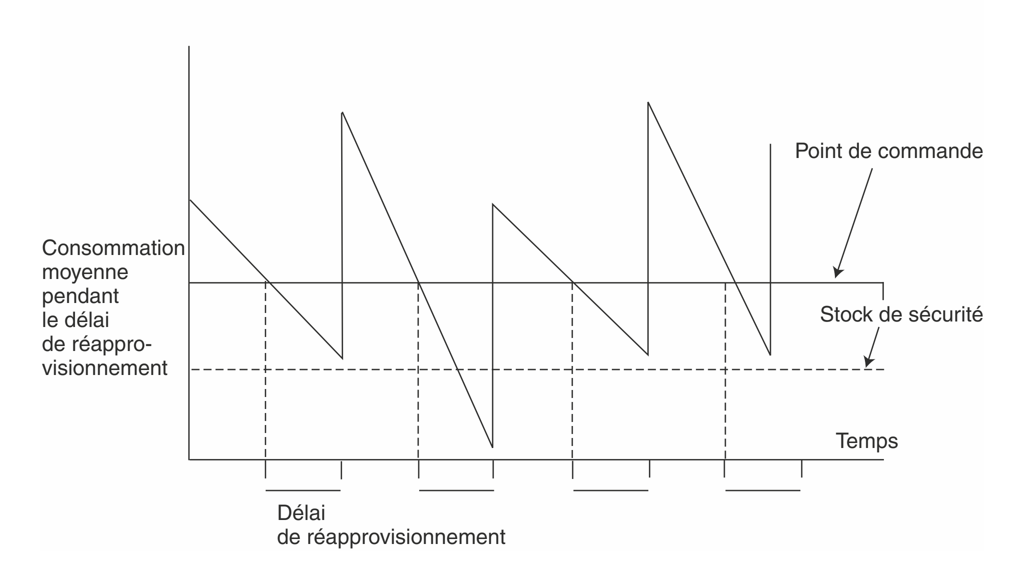


Figure 4.5 – Détermination du point de commande.

1. Ceci suppose que le délai de réapprovisionnement soit toujours le même et indépendant de la quantité commandée. Il est évident que ce n'est pas toujours le cas par exemple si celui qui passe commande demande une part importante de la capacité de production du fournisseur. On verra avec la logistique de production que cette condition n'est le plus souvent pas remplie au sein d'une usine.

B

LOGISTIQUE DES FLUX ET DES STOCKS

Presque tous les stocks sont désormais gérés sur point de commande. Le réapprovisionnement à période fixe a cependant plusieurs avantages :

– Il se prêtait bien autrefois à l'organisation des travaux administratifs faits à la main. À une certaine date, le gestionnaire de stock consultait un bac de fiches et regardait les commandes à passer. Cet intérêt a disparu depuis que les stocks sont gérés sur ordinateurs.

– Lorsque les réapprovisionnements sont très fréquents, le gestionnaire de stock, comme un chef de rayon de supermarché par exemple, peut passer en revue tous les soirs ou au moins plusieurs fois par semaine les articles de son rayon ce qui l'oblige à suivre de très près ce qui se passe.

– Lorsque les marchandises sont payées à *x* jours fin de mois comme il est souvent d'usage en France, il peut être intéressant d'avancer ou de retarder certaines commandes pour retarder l'échéance de paiement.

Néanmoins, le réapprovisionnement à période fixe présente l'inconvénient d'obliger à fixer un stock de sécurité qui couvre tout le cycle de gestion et non pas seulement la période de réapprovisionnement (voir *infra*). Il est donc nettement plus coûteux et il tend à perdre de l'importance.

Mais lorsqu'on gère un article à période fixe, on n'a pas à se poser de question sur la quantité à réapprovisionner. C'est, d'évidence, celle qui permettra de tenir jusqu'à la fin de la période fixe choisie. On peut en revanche se poser la question de la périodicité optimale des commandes et l'on retombe sur un problème très voisin de celui de la quantité à commander puisque, par le jeu de la consommation moyenne par période, la quantité à commander en moyenne correspond aussi à une période.

Une réponse classique à la question de la quantité à commander consiste à fixer un stock maximal de recomplètement. Chaque commande est déterminée en soustrayant de ce niveau la quantité en stock et, éventuellement, les commandes déjà en attente. C'est ce qui apparaît sur le graphique ci-dessous où l'on voit bien que ce niveau de recomplètement est un niveau fictif qui ne sera jamais atteint car, quand la commande arrivera en fin de délai de livraison, on aura consommé pendant ce délai de livraison, une partie du stock existant lors de la commande.

Cette technique ne résout cependant pas notre problème. On voit sur la figure 4.6 que, si la sortie qui provoque le passage en dessous du point de commande n'est pas trop importante, on commandera toujours à peu près la même quantité. Cette technique permet bien de répondre à la question : « Combien faut-il commander ? » mais en pose immédiatement une autre : « Comment fixer le niveau de recomplètement ? », ce qui revient exactement au même.

4.4.2 Réapprovisionnement « en noria »

Il y a une réponse qui paraît évidente à la question « Combien réapprovisionner ? », c'est de réapprovisionner au moins la quantité nécessaire pour tenir pendant le délai de livraison. Si la consommation mensuelle est en moyenne de 100 et si le délai de livraison est de deux mois, il faut d'évidence passer une commande avant que le stock ne tombe en dessous de 200, sinon on n'aurait pas assez de stock pour éviter la rupture de stock avant l'arrivée des marchandises de cette commande.

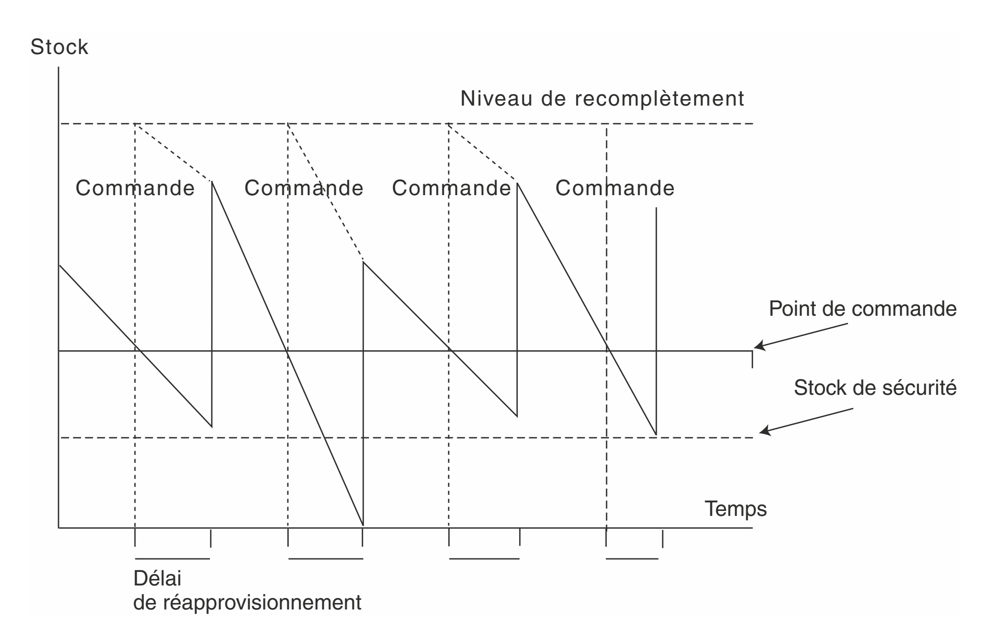


Figure 4.6 – Fixation du stock maximal de recomplètement.

Sur la figure 4.6, la période qui sépare deux réapprovisionnements est largement plus grande que le délai de livraison. Donc on peut penser que le délai de livraison constitue le minimum de la quantité de commande (exprimée en jours de consommation). Dans ce cas, le point de commande sera au niveau moyen du stock maximal réel lorsque les commandes arriveront et la période qui séparera deux réapprovisionnements sera la même que le délai de réapprovisionnement.

Mais ce raisonnement suppose implicitement qu'on ne peut pas avoir deux commandes en attente en même temps. Or il n'y a aucune raison qu'il en soit ainsi. On peut en avoir deux comme dans l'exemple de la figure 4.7 ou trois ou autant qu'on le désire... sans cependant prendre trop de risque.

Sur cet exemple, le délai de livraison est de 1 mois, mais l'on passe une commande tous les 20 jours pour une quantité égale à la consommation de 20 jours. Chaque fois que l'on reçoit une commande, on a une commande en attente. Chaque fois que l'on passe commande, c'est-à-dire chaque fois que le stock tombe en dessous du point de commande, on calcule la quantité à commander en soustrayant du niveau du point de commande, le stock du jour et la commande en cours.

On peut faire des norias beaucoup plus longues avec trois ou quatre commandes en cours en permanence. Il faut tout de même se rendre compte que, s'il y a un incident comme une très forte consommation à un certain moment, on ne peut espérer recevoir une commande plus importante qu'à la fin du délai de réapprovisionnement (en passant une commande tout de suite) ce qui risque d'être trop tard, sauf à pouvoir s'arranger avec le fournisseur pour modifier une commande en cours...

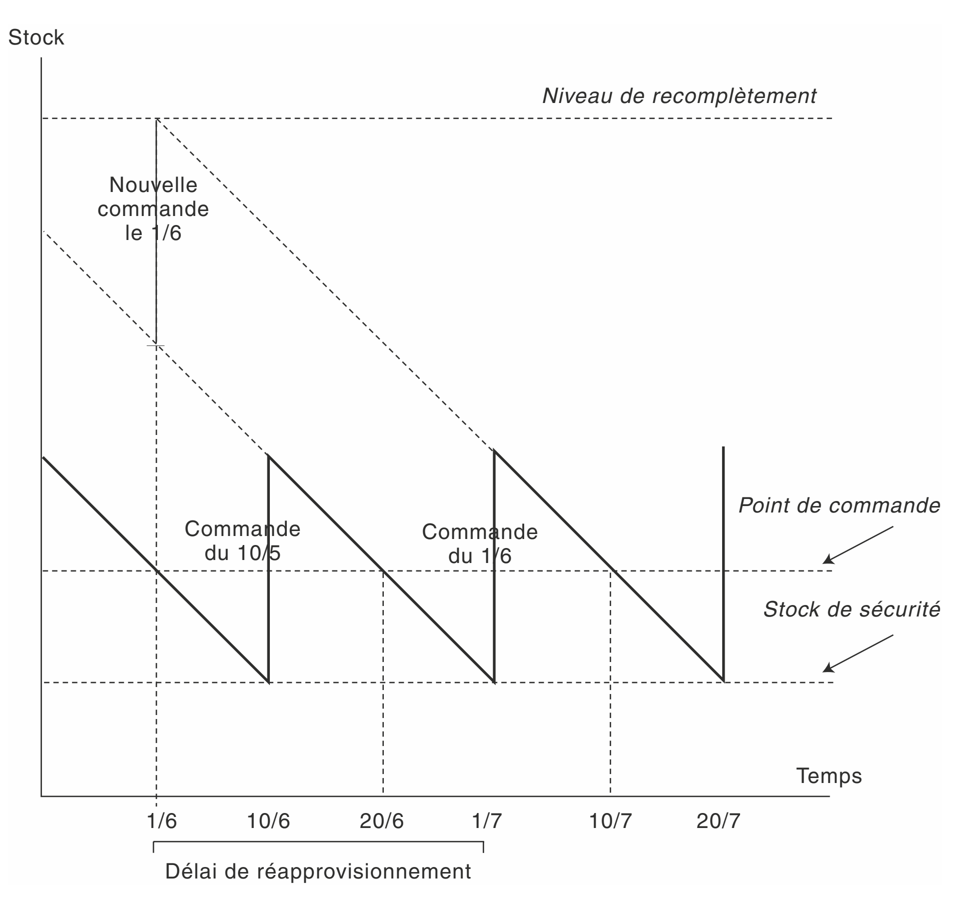


Figure 4.7 – Le réapprovisionnement en noria.

Ceci montre que la consommation pendant le délai de réapprovisionnement n'est même pas un minimum de commande. Il fallait évoquer ce type d'approvisionnement en noria car son emploi est souvent très intéressant et beaucoup de gestionnaires de stock n'y pensent pas[1]. C'est en outre un classique de la logistique chaque fois que les délais de livraison sont longs. Ainsi en logistique navale, utilise-t-on une noria de pétroliers pour ravitailler une *task force* en opération loin de ses bases d'approvisionnement en pétrole. Mais nous n'avons pas répondu à la question sur la quantité à commander.

Il existe cependant une réponse classique à cette question, réponse qui est la formule de Wilson. Elle est tellement connue et a été tellement pratiquée (elle l'est encore) qu'il faut l'examiner.

1. Il en est de même de nombreux auteurs sur la gestion des stocks qui affirment que le niveau de point de commande doit toujours être égal à la consommation pendant le délai de livraison plus le stock de sécurité.

4.4.3 La formule de Wilson

La formule de Wilson n'a pas été découverte par R.H. Wilson en 1934 mais par E. F. Harris de la société Westinghouse en 1915 (Molet, 1995). Cela n'a d'ailleurs aucune importance. Ce qui est important, c'est l'usage qu'on en a fait en gestion des stocks – et même, comme on le verra, en gestion de production – depuis des décennies, et ce qu'on en fait encore dans beaucoup d'entreprises, administrations et entreprises publiques particulièrement. Elle est le plus souvent proposée dans beaucoup d'excellents ouvrages sur la gestion des stocks comme un *nec plus ultra* qui mérite donc d'être regardé de près.

La réponse de la formule de Wilson à la question « Combien faut-il commander ? », est d'une extraordinaire simplicité :

$$X = k\sqrt{Consommation annuelle}$$

La difficulté évidente est *k*. Mais là encore, avec beaucoup de simplicité, il est unique pour chaque article tout au long de l'année, et les ordinateurs le calculent aussi facilement que *X* :

$$k = \sqrt{2a/t}$$

avec : la consommation annuelle, exprimée en francs,

a, les frais de passation d'une commande,

t, le coût annuel de possession du stock.

Avec une formule aussi simple, le gestionnaire de stock bénéficie à la fois du prestige de la formule de Wilson (« à l'américaine »), d'une présentation scientifique (une racine carrée et mieux encore une dérivée pour établir la formule) et d'une impeccable prise en compte des frais de passation des commandes et des coûts d'immobilisation du stock qui prouvent son haut niveau de responsabilité financière au sein de son entreprise...

On s'explique donc le succès de cette formule d'autant plus que les logisticiens industriels l'ont très largement utilisée pour résoudre le problème analogue structurellement de la détermination des lots de production.

Comme toujours en présence d'un modèle, il est important de bien voir les hypothèses qui ont servi à le construire. Le principe est simple : il consiste à déterminer le coût total de stockage et de réapprovisionnement d'un article en fonction de la quantité commandée à chaque réapprovisionnement. Il peut paraître évident que :

– plus la quantité que l'on commande à chaque réapprovisionnement est importante, moins souvent l'on passera des commandes et plus seront faibles les coûts de passation de commande ;

– plus la quantité que l'on commande à chaque réapprovisionnement est importante et plus le stock moyen sera important et donc plus seront grands les coûts d'immobilisation du stock.

Il y a donc un optimum à trouver et c'est cet optimum que calcule la formule de Wilson.

Pour en bien comprendre le mécanisme, rien ne vaut un exemple. Soit un article du stock. Il a une consommation de 12 000 unités par an, soit 1 000 par mois. Chaque article vaut 10 €. Dans cette entreprise, on estime que l'argent

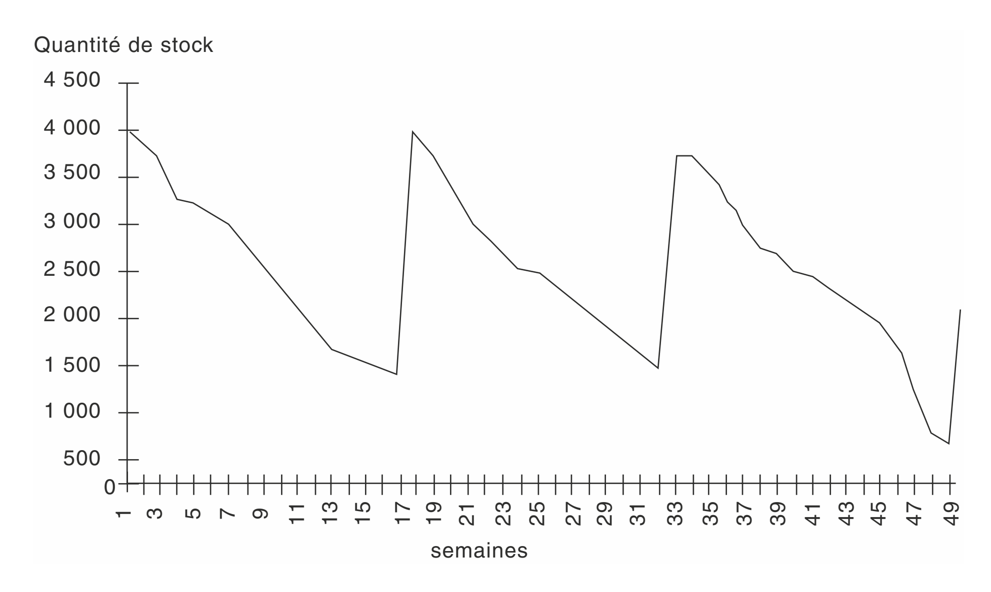


Figure 4.8 – Variations du stock avec une commande de 3 000 unités.

immobilisé en stock coûte 20 % par an. Pour parer aux fluctuations de la consommation, on a besoin d'un stock de sécurité d'un mois de consommation. On suit les consommations au mois et l'on se réapprovisionne sur point de commande. On estime que chaque commande coûte 400 € à l'entreprise en frais administratifs, informatiques et de toute sorte.

On peut, aux fluctuations normales près, supposer que la consommation est relativement régulière. La variation du stock pourra être représentée par un schéma comme celui de la figure 4.8 si la quantité de commande était en moyenne de l'ordre de 3 000 unités.

Le stock oscille entre, grosso modo, le niveau du stock de sécurité (1 000 unités) et la somme de ce stock et de la quantité reçue en moyenne à chaque réapprovisionnement.

Sur la figure 4.9, on a représenté l'évolution théorique d'un stock en supposant que les consommations sont parfaitement régulières – ce qui est d'ailleurs absurde car on n'aurait plus besoin alors d'un stock de sécurité. Mais en moyenne, ce stock – dont la consommation ne connaît d'ailleurs ni tendance ni variation saisonnière – devrait se comporter de cette façon. Le stock oscille entre deux limites moyennes qui sont le stock de sécurité et le stock après recomplètement. Le stock réel sera tantôt en dessous du stock de sécurité au moment de l'arrivée du réapprovisionnement – et parfois même en rupture de stock – et parfois au-dessus (une fois sur deux si la consommation répond à une loi normale) si la consommation a été plus faible que prévue, mais en moyenne le niveau bas est celui du stock de sécurité. Le niveau haut est celui qui correspond au stock de sécurité plus une commande moyenne. Cette commande dépend bien entendu de la politique que l'on a défini. Supposons le problème résolu et que cette politique soit définie.

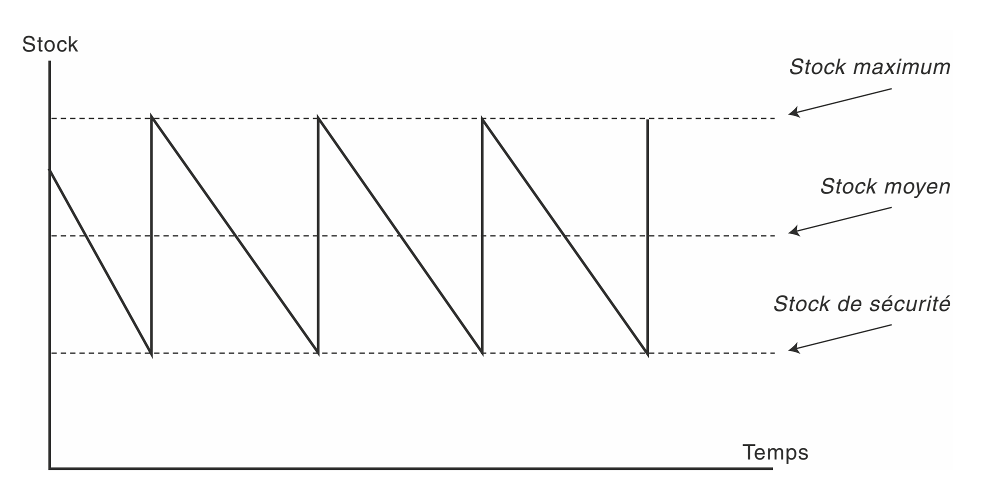


Figure 4.9 – Évolution théorique d'un stock.

Le niveau moyen du stock sera à égale distance de ces deux points hauts et bas. On notera que dans la littérature logistique on considère souvent que le stock moyen est composé du stock de sécurité plus le « stock-outil », égal à la quantité consommée en moyenne pendant la période de réapprovisionnement.

Le stock moyen est donc égal à :

$$Stock\ Moyen = SS + \frac{X}{2}$$

où SS est le stock de sécurité et X la quantité commandée en moyenne à chaque réapprovisionnement.

La valeur du stock moyen est de :

$$(SS + \frac{X}{2})p$$

où p est le prix unitaire de l'article.

Le coût annuel de possession du stock est alors de :

$$C1 = (SS + \frac{X}{2})pt$$

où t est le taux annuel de possession du stock.

Dans cet exemple :

$$C1 = (1000 + \frac{X}{2})10 \text{ x } 0{,}2$$

On passera chaque année un nombre de commandes égal à $\int \frac{Conso}{X}$ où *Conso* est le total des consommations annuelles en quantité et X la quantité moyenne de commande.

Le coût annuel de passation de commande est alors de :

$$C2 = \frac{Conso \cdot a}{X}$$

a étant le coût de chaque commande, soit dans l'exemple :

$$C2 = \frac{12\ 000 \text{ x } 400}{X}$$

Le coût total est alors :

$$C_3 = C1 + C2 = \left(SS + \frac{X}{2}\right)p + \frac{Conso\ .a}{X}$$

On démontre que cette fonction a un minimum pour :

$$X = \sqrt{\frac{2Conso\ .\ a}{pt}} \text{ quel que soit } SS$$

soit dans l'exemple :

$$X = \sqrt{\frac{2 \text{ x } 2000 \text{ x } 400}{10 \text{ x } 0,2}} = 2\ 191$$

Si l'on exprime la consommation en € et non en unités :

$$X = \sqrt{\frac{2a.Conso}{t}} = k\sqrt{Conso} \text{ et } k = \sqrt{\frac{2a}{t}}$$

On peut représenter les variations de *C*1 et de *C*2 en fonction de *X* dans notre exemple (figure 4.10).

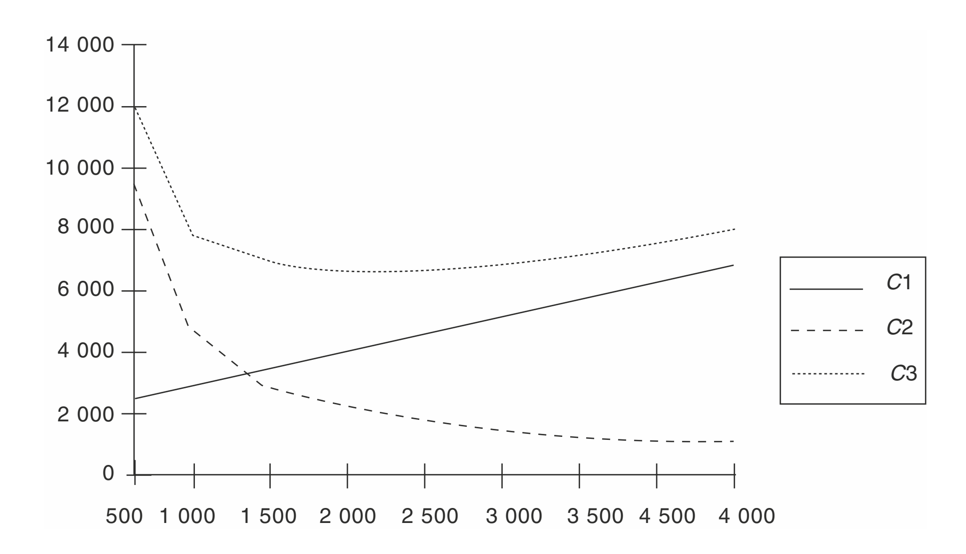


Figure 4.10 – Variations de C1 et de C2 en fonction de X.

La courbe est malheureusement un peu plate et entre 1 500 et 3 000 pour un coût sensiblement égal, il est difficile de trancher compte tenu des approximations qui sont à la base de ces calculs.

4.4.4 Pour en finir avec la formule de Wilson

Cette formule classique répond à deux objectifs :

– un objectif de standardisation du paramétrage car elle permet de traiter tous les articles d'un stock avec la même formule ; elle se prête donc particulièrement bien à un traitement informatique ;

– un objectif d'optimisation car elle prétend déterminer une quantité d'approvisionnement optimale.

Cet optimum prétend minimiser pour chaque article, et donc pour l'ensemble des articles, le total des coûts d'acquisition et de stockage. Pour mesurer la performance et donc constituer un ratio de gestion, il convient de rapprocher ce total de coûts, d'une valeur caractéristique. On trouve assez souvent dans la littérature spécialisée, le ratio Coûts/Valeur du stock. Ce ratio est évidemment absurde car plus le stock est important avec des coûts relativement fixes et meilleur sera le ratio. Il faudrait rapporter ce coût à la consommation totale, ne serait-ce que pour savoir de combien la logistique vient grever les prix de revient des articles distribués. Le simple fait que de nombreux auteurs ne s'aperçoivent pas de cette contradiction montre bien que la variabilité des coûts d'acquisition et de stockage prend l'allure d'un dogme.

On peut prendre pour s'en convaincre un exemple extrait d'un ouvrage américain classique sur la gestion des stocks (Killeen, 1971).

Le tableau 4.3 donne la situation antérieure à l'utilisation de la formule de Wilson ; il s'agit d'un réapprovisionnement à période fixe, mensuelle, avec un coût de commande de 5 €, un stock déterminé sans stock de sécurité (pour simplifier la présentation) et un coût de stockage de 20 % par an :

Tableau 4.3 – Coûts d'acquisition et de stockage avant utilisation de la formule de Wilson

Article	Consommations annuelles	Commandes annuelles (€)	Valeur moyenne des commandes (€)	Valeur moyenne du stock (€)	Coûts de stockage (€)	Coûts de commande (€)	Total des coûts (€)
1	12 000	12	250	500	100	60	160
2	6 000	12	125	250	50	60	110
3	1 200	12	25	50	10	60	70
4	600	12	12,5	25	5	60	65
5	120	12	2,5	5	1	60	61
	———	———	———	———	———	———	———
	19 920	**60**	**415**	**830**	**166**	**300**	**466**

B LOGISTIQUE DES FLUX ET DES STOCKS

Après utilisation de la formule de Wilson, on va obtenir ceci (tableau 4.4).

Tableau 4.4 – Coûts d'acquisition et de stockage après utilisation de la formule de Wilson

Article	Consommations annuelles	Commandes annuelles (€)	Valeur moyenne des commandes (€)	Valeur moyenne du stock (€)	Coûts de stockage (€)	Coûts de commande (€)	Total des coûts (€)
1	12 000	15,4	780	390	78	77	155
2	6 000	11	548	274	55	55	110
3	1 200	4,8	250	125	25	24	49
4	600	3,5	170	85	17	18	35
5	120	1,5	78	39	8	7	15
	______	______	______	______	______	______	______
	19 920	**36,2**	**1 826**	**913**	**183**	**181**	**364**

Le nombre de commandes est passé de 60 à 36,2 réduisant ainsi les frais de passation de commandes de 119 €. La valeur du stock moyen est passée de 830 € à 913 € augmentant les coûts de stockage de 17 €, ce qui fait une économie totale de 119 – 17 = 102 €.

Cependant mettons-nous à la place d'un gestionnaire de stock confronté à la première situation. Quelle va être son attitude ? Va-t-il vouloir diminuer les coûts de passation de commande ? Non, car c'est son travail et il n'a pas envie de le voir disparaître[1]. En outre, il sait bien qu'il ne peut réduire les coûts du système informatique de gestion des stocks, ni les coûts du service des achats et des services comptables. En revanche, ce qu'il peut faire, c'est de passer des commandes plus fréquentes pour les articles les plus consommés de façon à en réduire le stock tout en gardant un nombre de commandes, 60, qui lui paraît raisonnable. Il va donc déterminer la quantité à commander de façon à avoir par exemple trois commandes par mois pour l'article le plus consommé, une par mois pour le suivant, une tous les deux mois pour le n° 3, etc.

Le résultat de cette politique apparaît sur le tableau 4.5.

1. La peur pour un gestionnaire de stock de perdre son travail peut être plus répandue qu'on ne pourrait le croire et elle explique beaucoup de résistances à la mise en place de nouveaux systèmes informatiques de gestion des stocks.

Tableau 4.5 – Coûts d'acquisition et de stockage quand les commandes sont fréquentes

Article	Consommations annuelles	Commandes annuelles (€)	Valeur moyenne des commandes (€)	Valeur moyenne du stock (€)	Coûts de stockage (€)	Coûts de commande (€)	Total des coûts (€)
1	12 000	36	333,33	166,6	33	60	93
2	6 000	12	500	250	50	60	110
3	1 200	6	200	100	20	60	80
4	600	4	150	75	15	60	75
5	120	2	60	30	6	60	66
	______	______	______	______	______	______	______
	19 920	**60**	**830**	**522**	**124**	**300**	**424**

Le coût est apparemment plus élevé que si le gestionnaire de stock avait appliqué la formule de Wilson, mais il est certain que les coûts de commande sont peu réductibles et qu'en fait, même en appliquant la formule de Wilson, ils resteraient sensiblement égaux à ce qu'ils étaient avant. En revanche le stock a diminué et les coûts de stockage sont de 59 € inférieurs à ce que donnerait l'utilisation de la formule.

Mais le gestionnaire de stock n'a pas respecté le principe de standardisation du paramétrage, ce qu'on ne saurait lui reprocher bien au contraire.

Dans cet exemple, l'utilisation de la formule de Wilson conduit à augmenter le stock par rapport à la situation antérieure de réapprovisionnement à période fixe et d'une quantité plus importante encore par rapport à ce que peut faire un gestionnaire avisé. On comprend que, dans l'ambiance actuelle de réduction des stocks au nom du zéro-stock ou du juste-à-temps, la formule de Wilson a perdu de sa faveur mais la question reste alors « Par quoi la remplacer ? », ce qui suppose d'examiner pourquoi elle ne convient pas.

Le calcul nous donne dans ce cas une quantité optimale de commande de 3,1 mois, donc un stock moyen de 2,5 mois, ce qui fait beaucoup même si on déduit le stock de sécurité. Il faut se rappeler en effet que, dans la grande distribution, le total des stocks en entrepôts et magasins était de 33 jours en France en 1994. Il y a donc quelque chose qui ne va pas soit dans nos paramètres, soit dans le modèle.

Reprenons l'exemple précédent : supposons que le gestionnaire de stock, au lieu de commander en moyenne 2 200 articles, comme préconise le modèle, en commande 2 000. Il va devoir passer 6 commandes par an au lieu de 5,5.

Cela va donc lui coûter 400 × 0,5 = 200 € de plus[1]. Son stock moyen sera de 2 000 / 2 + 1 000 = 2 000 au lieu de 2 200 / 2 + 1 000 = 2 100. Il gagnera donc 20 % de 100 € soit 20 €. Il perd donc bien dans l'opération 200-20 € = 180 €, ce qui est logique puisqu'il s'écarte de l'optimum.

Il peut discuter les 20 % de coût de possession du stock. Mais il faut considérer ce qu'ils représentent réellement :

– un coût financier d'immobilisation de capital ;

– un coût d'entrepôt couvrant l'amortissement des terrains, bâtiments, installations techniques ainsi que les charges d'assurance, les taxes, etc. ;

– un coût de démarque connue (dommage apporté à la marchandise lors de manutentions quelque peu brutales) ou inconnue (vol) qui représente quelques pour mille mais sur le volume d'activités ou le chiffre d'affaires ce qui est tout à fait significatif ;

– une partie du coût de gestion du magasin (chauffage, éclairage, inventaire, surveillance, etc.) ;

– un coût d'obsolescence qui peut être extrêmement important dans certaines entreprises.

La notion de coût financier d'immobilisation du stock n'est pas claire. On peut entendre par là le taux d'intérêt à court terme avec lequel l'entreprise rémunère son banquier ou n'importe quel autre taux monétaire. En réalité le stock est un investissement comme un autre et chaque euro dépensé dans le stock vient en concurrence au sein de l'entreprise avec des affectations à des investissements productifs. Dans une entreprise industrielle, ce coût financier est ce qui va servir à choisir les investissements les plus productifs et à couvrir les risques de ces investissements. Comme, dans le cas des stocks, l'investissement ne donne pas lieu, le plus souvent, à un dossier d'investissement pour le justifier, il est raisonnable de considérer au moins le taux adopté dans l'entreprise pour choisir ses investissements. Il peut être de l'ordre de 5 à 25 % avec les taux d'intérêt actuels. Il pourra être moins fort dans une entreprise de négoce.

Un industriel dans le secteur pharmaceutique sera plus proche de 25 %, alors qu'un négociant en matériaux de construction pourra utiliser 12 % et qu'un grand distributeur alimentaire n'hésitera pas à appliquer un taux de 3,5 % ce qui conduira les achats à mettre en œuvre des pratiques spéculatives…

Les autres coûts sont eux aussi importants mais ne sont pas proportionnels aux quantités en stock, au moins à court terme. Utiliser un coût de possession sous forme d'un taux unique proportionnel aux quantités ou à la valeur du stock moyen est donc un peu abusif. Cependant comme l'on sous-estime probablement toujours les coûts de possession du stock, il n'est pas absurde de retenir un tel taux et 20 % dans cet exemple est donc raisonnable.

1. Ces 0,5 commandes annuelles peuvent paraître absurdes, mais il ne faut pas oublier que ce que l'on modifie n'est pas le nombre de commandes annuelles mais la quantité moyenne de chaque commande, et que le nombre des commandes annuelles est le résultat de la division de la consommation annuelle par cette quantité de commande. Le vrai problème se pose avec les quantités minimales de commandes liées aux boîtages ou aux conditions de vente des fournisseurs. Dans la pratique, il faut bien en tenir compte et cela peut modifier très sensiblement le résultat de calculs économiques théoriques.

Le problème peut se compliquer si l'entrepôt est déjà plein et ne peut accueillir le supplément éventuel de stock. En sens inverse, si l'on réduit le stock, le coût moyen d'entreposage va augmenter tant que l'on n'aura pas réduit la capacité des magasins.

Si l'on représente dans l'exemple précédent la variation de la quantité optimale de commande en fonction de ce coût de possession, on s'aperçoit que le coût de possession varie à peu près asymptotiquement dans la tranche 15 % à 30 % qui nous intéresse. Il est pratiquement exclu de faire tomber le stock en dessous de un mois et demi à deux mois de consommation (figure 4.11).

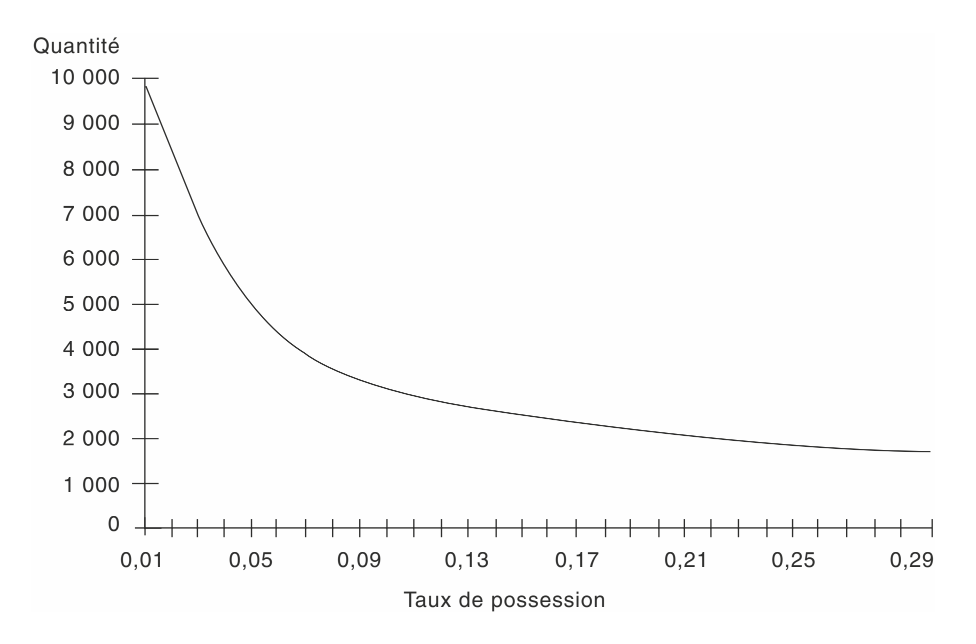


Figure 4.11 – Quantité optimale de commande en fonction du coût de possession.

Le point le plus discutable est donc la proportionnalité des coûts de passation de commande au nombre de commandes.

Si, toujours dans le même exemple, on analyse les variations de quantité de réapprovisionnement en fonction du coût de la commande, toutes choses égales par ailleurs, on obtient la courbe de la figure 4.12 qui montre bien l'importance de ce paramètre par rapport à la baisse des stocks, particulièrement dans la partie basse de la courbe. Si l'on veut réduire la quantité de réapprovisionnement à moins d'un mois de consommation, il faudrait dans cet exemple que le coût de commande soit d'environ 90 € au lieu des 400 € que nous avons considérés.

Or passer une commande supplémentaire ne coûte pas seulement la rédaction et l'envoi d'un bon de commande. C'est aussi imposer au fournisseur la préparation d'un envoi supplémentaire avec un supplément de coût de manutention, d'emballage et de frais administratifs (bordereaux, facturation, etc.). C'est

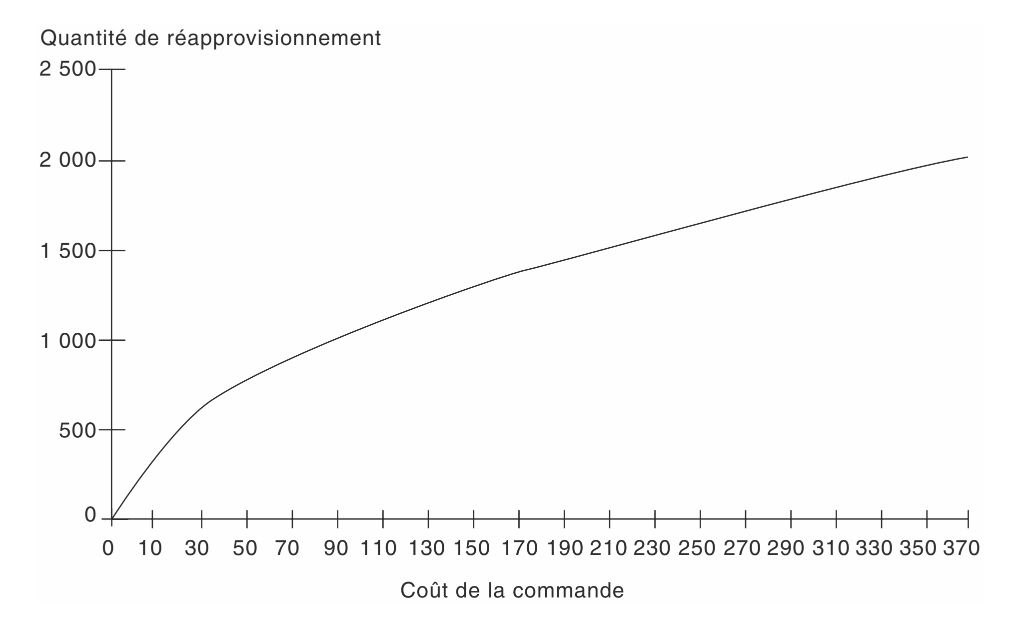


Figure 4.12 – Quantité optimale de commande en fonction du coût de la commande.

aussi un supplément de transport. La livraison d'un camion complet coûte moins cher que celle effectuée par un camion rempli à 30 %. Tous ces frais s'expriment à travers des remises par quantité tant chez le fournisseur que chez le transporteur. Certaines grandes entreprises déterminent le stock de leurs entrepôts régionaux de telle sorte que chaque envoi d'un entrepôt national corresponde à un camion complet.

Chez le détenteur du stock, on va trouver aussi des frais supplémentaires que l'on devra payer plus ou moins systématiquement si l'activité logistique est externalisée et rémunérée en fonction des opérations effectuées. Si ce n'est pas le cas, la mesure de ces coûts est beaucoup plus difficile. Une chose est certaine : ils ne sont pas proportionnels au nombre de commandes. Si le gestionnaire de stock a du temps, il peut passer plus de commandes d'autant plus qu'avec les systèmes informatiques et l'EDI cela est relativement rapide. Si le système informatique n'est pas saturé, le coût supplémentaire de traitement sera faible voire même insignifiant. Si le personnel de l'entrepôt n'est pas surchargé, il pourra recevoir, contrôler et ranger cette commande supplémentaire sans que cela coûte beaucoup plus.

La formule de Wilson n'est donc pas exempte de critiques mais elle garde son importance dans une approche prédictive et d'optimisation. Elle a le mérite de mettre en évidence si telle est la posture du gestionnaire de stock les éléments de progrès qui permettent de diminuer la quantité économique et par conséquent les stocks. C'est tout l'intérêt des approches du *lean supply chain management* qui rendent variables de tels paramètres de progrès au lieu de les considérer comme fixes.

4.4.5 Réduction des stocks en tenant compte de leurs coûts de possession

■ La méthode de W. E. Welch : gestion par les *k*[1]

Même les partisans de la formule de Wilson se sont vite rendus compte que les gains sur le coûts de passation de commande étaient, au moins à court terme, illusoires. Certains ont donc pensé qu'il pouvait être intéressant d'utiliser *k* comme un paramètre global de gestion auquel on pourrait donner n'importe quelle valeur appropriée à un objectif de gestion du stock.

L'objectif peut être par exemple d'obtenir pour chaque article un stock minimum sans augmenter le nombre total des commandes considéré comme une contrainte du système. C'est ce que faisait notre gestionnaire de stock dans un exemple précédent.

L'idée peut être intéressante de façon à protéger dans l'entreprise l'intérêt du moyen terme. Le danger de la réduction illimitée des stocks est qu'elle ne se traduise par une augmentation incontrôlée des commandes et donc, à moyen terme, par une augmentation des coûts logistiques : plus de gestionnaires de stocks, plus d'informatique, plus de manutentionnaires pour réceptionner et ranger les commandes, plus de coûts de transports, plus de coûts globaux. La formule de Wilson permettrait de mettre un frein à cette réduction excessive des stocks soit en fixant une valeur forfaitaire de commande, mais nous avons vu qu'elle n'avait pas de sens, soit en limitant le nombre des commandes à un nombre raisonnable correspondant aux possibilités actuelles du système.

Ainsi W. E. Welch propose la méthode suivante.

1. On a le nombre de commandes annuelles pour un article :

$$N = \frac{Conso}{Qté\ commandée} = \frac{Conso}{k\sqrt{Conso}}$$

d'où il résulte que :

$$k = \frac{Conso}{N\sqrt{Conso}} = \frac{\sqrt{Conso}}{N}$$

Ce coefficient *k* permettra d'avoir le nombre de commandes *N* pour cet article de telle sorte que ce nombre corresponde à la quantité optimale de commande.

2. Si l'on considère la totalité des articles :

$$\Sigma\ k = \Sigma\frac{\sqrt{Conso}}{N} \text{ ou } \frac{\Sigma\ k}{n} = \frac{\Sigma\sqrt{Conso}}{\Sigma N}$$

n étant le nombre d'articles.

La première partie de l'équation est la moyenne des coefficients *k* pour un nombre défini de commandes.

3. En appliquant cette moyenne des coefficients *k* à chaque article, on obtiendra une nouvelle quantité optimale de commande telle que la somme des nombres de commandes sera égale au nombre défini de commandes

1. Cette méthode, présentée dans un livre intitulé *Tested Scientific Inventory Control*, est exposée dans le livre de L. Killeen (1971).

B

LOGISTIQUE DES FLUX ET DES STOCKS

(tableau 4.6). Cette quantité optimale de commande de chaque article minimise les coûts *C*1 et *C*2. Comme *C*2 n'a pas changé, *C*1 est donc minimum.

Tableau 4.6 – Optimisation des commandes

Article	Consommations annuelles	Commandes annuelles (€)	$\sqrt{\text{Conso}}$	Quantité optimale k = 4,3	Nombre de commandes annuelles	Stock moyen
1	12 000	12	109,54	469,39	25,57	234,69
2	6 000	12	77,46	331,91	18,08	165,95
3	1 200	12	34,64	148,43	8,08	74,22
4	600	12	24,49	104,96	5,72	52,48
5	120	12	10,95	46,94	2,56	23,47
	______	______	______	______	______	______
	19 920	**60**	**257**	**1101,63**	**59,9**	**550,81**

avec *k* = 257/60 = 4,3.

Le nombre de commandes annuelles n'a pas changé. Il est toujours égal à 60 (ou 59,9). Donc le coût de passation de commandes n'a pas changé, mais le stock moyen a été réduit à 550,81 au lieu de 830. Il est donc optimisé pour *k* = 4,3.

Le premier objectif de normalisation est assuré puisque, avec une seule formule, on est capable d'obtenir un nombre total de commandes déterminé et d'appliquer la formule de Wilson qui rend la quantité de commande égale à la racine de la consommation annuelle multipliée par un coefficient. Mais rien ne prouve que l'on ne puisse faire mieux.

N'importe quelle formule ferait aussi bien l'affaire. On est à la limite de la mystification. On peut même voir qu'il est très facile de faire mieux que la formule de Wilson en répartissant autrement les commandes au « pifomètre » comme l'a fait sur les mêmes données notre gestionnaire de stock qui en 60 commandes obtient un stock moyen de 522 au lieu des 550 que l'on obtient ici.

On peut cependant se poser des questions sur les limites de la réduction des stocks. Si le coefficient *k* fictif ne représente rien, le coût unitaire de commande fictif *a*, présente une signification intéressante. Même s'il ne représente pas un coût véritable, il représente ce que serait ce coût s'il était proportionnel au nombre des commandes[1]. Il peut être calculé à partir de la formule de Wilson en fonction de la quantité de commande ou aussi bien en fonction de *k*, *t* ne changeant pas :

$$a = \frac{k^2 t}{2}$$

1. $a = \dfrac{X^2\ pt}{2\ Conso}$.

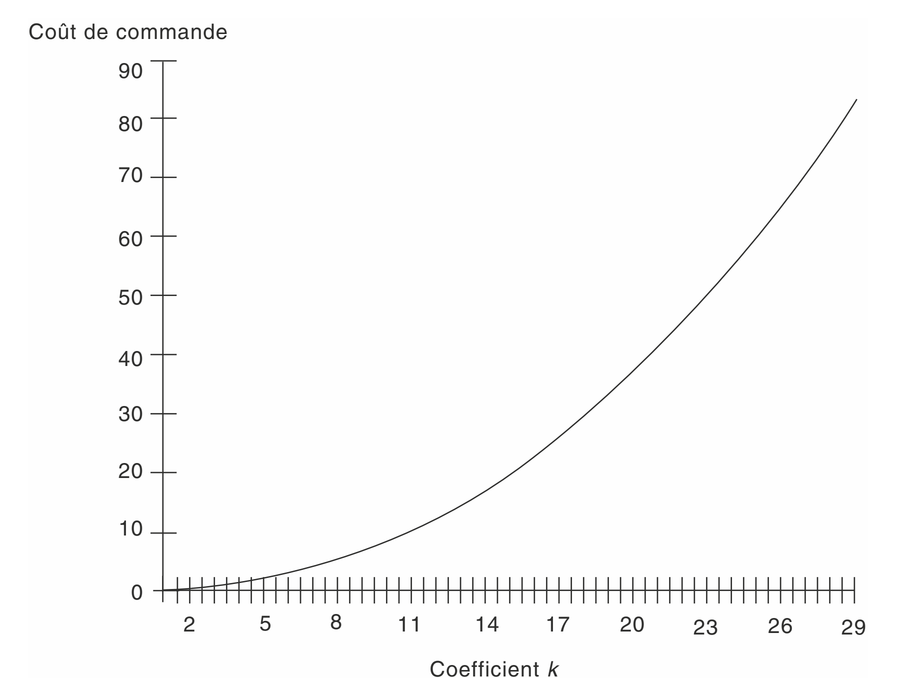


Figure 4.13 – Valeurs de *a* en fonction de *k*.

ce que l'on peut représenter par la courbe de la figure 4.13.

Avec le coefficient *k* de 4,3 de l'exemple précédent, on a un coût de commande qui ne serait que de 1,84 €, s'il était proportionnel au nombre des commandes. C'est absurde. Cela ne paye même pas le timbre ou le fax pour la commande...

Face à une telle situation, on ne peut avoir que deux attitudes :

– soit penser que la politique proposée (le résultat du calcul) est pragmatiquement correcte, ce qui prouverait a fortiori que le modèle est absurde, puisqu'il conduit à prendre en compte un coût marginal de la commande supplémentaire presque nul,

– soit penser que la politique proposée est antiéconomique et qu'il faut revenir avec des paramètres plus réalistes à des stocks plus importants.

Nous retiendrons la première solution. Il ne nous paraît pas en effet que les nombres de réapprovisionnement proposés soient extravagants (sous réserve d'une analyse plus poussée). Nous ne pensons donc pas que le coût marginal de la commande supplémentaire ait un sens. Gérer un stock nécessite d'utiliser un système informatique et un certain nombre de gestionnaires de stocks. Dans des limites raisonnables, qui s'éloignent d'ailleurs avec le développement de l'EDI, les commandes supplémentaires ne coûtent rien en frais administratifs et de gestion. Le problème est strictement logistique. Ce qui coûte pour une commande supplémentaire, ce sont les barèmes d'écart par article des fournisseurs, les coûts supplémentaires de transport qui dépendent de la taille des

articles, de leur palettage et des camions qui les transportent, les heures supplémentaires de manutention en entrepôt. Il y a des dizaines de facteurs qui ne peuvent se résumer en un coefficient unique pour tous les articles de l'entreprise et toutes les périodes de l'année.

S'il y a incontestablement un danger à aller trop loin dans la réduction des stocks, il ne peut se mesurer que article par article en tenant compte de beaucoup de facteurs et toute méthode entièrement automatique nous paraît dangereuse.

■ Gestion par les barèmes quantitatifs (BQ)

Les fournisseurs proposent souvent des rabais pour l'achat de quantités plus importantes.

Le problème est alors de comparer le rabais proposé avec le coût supplémentaire de stockage qu'il va entraîner.

On peut certes utiliser la formule de Wilson comme le faisait aux États-Unis la GSA (General Service Administration) en tenant compte du gain sur le nombre de facturations, mais il nous semble suffisamment démontré qu'il est plus raisonnable de comparer seulement des coûts de stockage et des rabais.

Une telle méthode présente deux difficultés. En ce qui concerne l'organisation, elle s'accommode mal de la séparation entre les gestionnaires de stock et les acheteurs. Assez souvent le gestionnaire de stock définit ses besoins et l'acheteur achète. Or il s'agit ici de définir le stock et donc les besoins en fonction des conditions de l'achat. Cette difficulté peut paraître secondaire mais elle explique que dans beaucoup d'entreprises et d'administrations, on profite mal de ces possibilités de rabais par quantités immédiatement livrables.

Une deuxième difficulté vient de ce que les rabais sont propres à un article alors que l'ambition de beaucoup d'« organisateurs de la gestion des stocks » est de mettre en place la formule miracle qui s'appliquera à tous les articles. Prendre en compte des rabais propres à un article paraît donc hérétique à certains. Il y a cependant beaucoup à gagner avec ce qu'on appelle parfois des « stocks d'opportunité ».

On peut s'en tirer en mettant à la disposition des acheteurs et des approvisionneurs un logiciel de comparaison qui démontre que très souvent l'atteinte des barèmes quantitatifs proposés par les fournisseurs est une approche économique gagnante qui de plus ne nécessite pas d'entrer en conflit dans le cadre d'une négociation des modalités d'approvisionnement. L'application de ces bonnes pratiques montre que l'obtention d'un stock de 20 jours maximum en PGC (alimentaire sec) au niveau des entrepôts constitue un référentiel crédible dont les acteurs reconnus sont par exemple Tesco ou Casino alors que leurs concurrents directs atteignent près de 30 jours. Cette meilleure gestion des stocks constitue sans aucun doute un avantage concurrentiel mais il ne faut pas oublier l'avantage des marques distributeurs (MDD) qui facilite une telle gestion et les achats spéculatifs qui au contraire gonflent les stocks.

■ Gestion par le coût fictif de commande

Supposons que nous considérions que les quantités de commande déterminées empiriquement par les gestionnaires de stock soient satisfaisantes on

pourra revenir par la suite sur ces procédés empiriques. Supposons aussi que l'on veuille réduire le stock par augmentation du nombre des commandes[1].

Mais l'on veut réduire les stocks de telle sorte que toute commande supplémentaire apporte la même réduction de coût de possession du stock. On en déduit immédiatement que la réduction de quantité de commande de chaque article doit être égale à $\frac{2\Delta Conso}{12}$ avec Δ = pourcentage de la consommation mensuelle dont l'on veut réduire le stock. Par exemple si l'on veut réduire de 1/10e de mois l'ensemble du stock et donc le stock de 2 mois que nous avons dans notre exemple (pour une quantité de réapprovisionnement de 2 mois), il faut diminuer cette quantité de réapprovisionnement de $\frac{2 \times 0{,}1 \times 12\ 000}{12} = 200$.

Nous aurons alors un stock de 1 900 unités au lieu de 2 000 qui aura bien été réduit de 0,1 mois de consommation.

Ce 1/10e de mois de diminution du niveau de couverture de stock peut représenter une trop grande augmentation du nombre des commandes, compte tenu des possibilités de réception des commandes en magasin ou de passation de commandes. On peut donc procéder progressivement jusqu'à saturation, non sans devoir se poser des questions sur l'importance des moyens à mettre en œuvre chaque fois qu'on arrive à une saturation.

4.4.6 Paramétrage de la quantité de commande

On peut généraliser la procédure de gestion par le coût fictif de commande. Connaissant les niveaux moyens de couverture de stock (ou les taux de rotation) par grandes catégories d'articles, on peut se fixer des objectifs de niveau de couverture pour une nouvelle période.

On a vu que :

$$\text{Stock Moyen} = SS + \frac{X}{2}$$

où SS est le stock de sécurité et X la quantité commandée en moyenne à chaque réapprovisionnement.

Si l'on se fixe un stock moyen d'objectif, on peut déterminer X en fonction de ce stock moyen d'objectif (SMO) :

$$X = 2(SMO - SS)$$

SMO et SS peuvent être fixés en mois de consommation par exemple (ou toute autre période) et l'on obtiendra X en mois de consommation. C'est ce qu'on appelle souvent un « niveau de couverture de stock » et les systèmes informatiques de gestion des stocks permettent normalement de connaître ces niveaux de couverture pour chaque article et par catégorie d'articles en stock.

Dans un système de niveau de recomplètement, on ne fixe pas la quantité à réapprovisionner mais le niveau de recomplètement N. Ce niveau doit être égal en moyenne au Point de commande plus la Quantité moyenne de réapprovisionnement X, (plusieurs fois cette quantité si l'on est dans une situation de

1. N'oublions pas qu'on peut aussi le réduire par la réduction des stocks de sécurité.

réapprovisionnement en noria). Le Point de commande doit être égal au Stock de sécurité *SS* + la Consommation prévue pour le délai de réapprovisionnement *d* (figure 4.14).

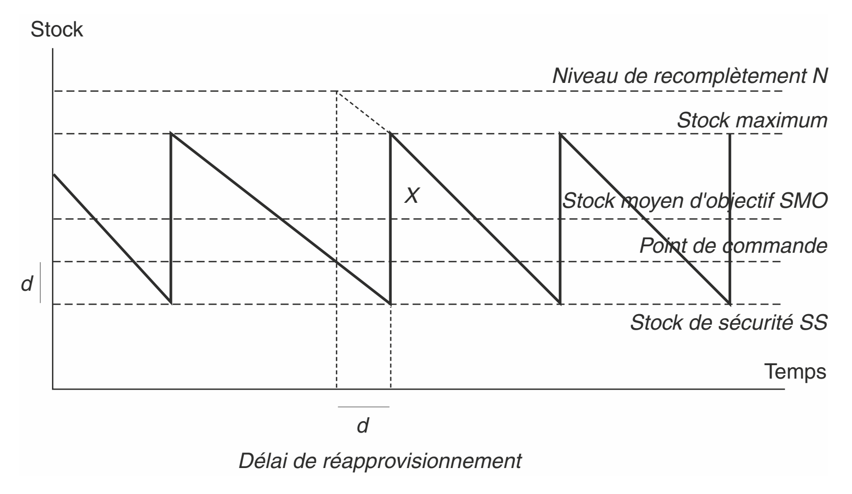


Figure 4.14 – Fixation du niveau de recomplètement.

On a donc, avec *c* prévision de consommation par période unitaire :

$$N = X + SS + c \times d$$

$$N = 2(SMO - SS) + SS + c \times d$$

$$N = 2SMO - SS + c \times d$$

Bien entendu de telles formules ne sont valables que si l'article présente un minimum de régularité de consommation et une période de vie suffisamment longue pour que les événements aléatoires puissent se compenser.

4.4.7 Plan directeur du stock : management par les coûts

Quelle que soit la méthode de paramétrage des stocks que l'on utilise, on peut donc se fixer, par catégorie d'articles, des objectifs en termes de niveaux de couverture de stock et les appliquer à chaque article. Si l'on vise une réduction des stocks, on fixera ces niveaux d'objectif plus bas que les niveaux moyens actuels. Le problème est de ne pas prendre des décisions individuelles par articles dont les résultats ne seraient pas cohérents avec les possibilités techniques et financières du service d'approvisionnement. Il est donc préconisé de revoir périodiquement l'ensemble des articles du stock et d'étudier les conséquences de toutes ces décisions sur l'ensemble du stock et du travail d'approvisionnement.

La démarche du gestionnaire de stock révisant les paramètres généraux de ses stocks peut alors être la suivante.

1. Rassembler les données nécessaires à partir de son système informatique de suivi et de gestion des stocks. Si ce système ne permet pas d'effectuer les

calculs et manipulations ultérieures, il lui faudra extraire les données nécessaires et les traiter avec un tableur. Ces données indispensables sont les suivantes :

– n° d'identification de l'article et libellé ;

– caractéristiques de l'article (famille, classification ABC, caractère stratégique ou non, autre catégorie de gestion, etc.) ;

– consommation moyenne pendant la dernière période historique de référence (consommations mensuelles sur une année par exemple) ;

– autres paramètres d'analyse des consommations : tendance, coefficients de variation saisonnière, écart-type ou écart absolu moyen ;

– prix d'achat y compris éventuellement des frais d'achat, de transport et d'approvisionnement ;

– minimum de commande ou conditionnement imposant des achats regroupés ;

– valeur du stock moyen sur une période significative ;

– paramètres de gestion actuels ;

– des informations particulières pour certains articles, informations contenues parfois dans des dossiers tenus à la main ou sur des zones banalisées du système informatique : début de vie, fin de vie, stocks d'opportunité constitués, flux de réparation, informations sur des modalités particulières de consommation, etc.

2. Se fixer des objectifs de niveau de couverture de stock et de taux de service par catégories d'articles, de périodicité maximale de commande et de nombre de commandes totales.

3. Déterminer des prévisions de consommation par article pour la période d'analyse.

4. Pour chaque article, déterminer ses paramètres de gestion avec :

– le stock de sécurité pour la période de prévision ;

– le point de commande ;

– la quantité à commander en tenant compte du NCS d'objectif de sa catégorie, des corrections à apporter pour minimum de commande ou conditionnement, des corrections à apporter pour remise par quantité, des corrections à apporter lorsque le résultat du calcul entraîne un nombre de commandes irréaliste.

Il faut aussi tenir compte des conséquences de chaque décision en matière de travail de réception de commandes en magasin et de volumes de stockage.

– le stock moyen prévisionnel, résultat du calcul précédent.

Les paramètres de gestion peuvent varier dans le temps en fonction des différentes sous-périodes à l'intérieur de la période d'analyse (variations saisonnières de la consommation par exemple).

5. Examiner les cas particuliers de *slow movers*, articles inutilisables, articles en fin de vie.

6. Pour la totalité du stock, calculer à partir des éléments précédents par article, des prévisions en termes de :

– niveaux de couverture du stock,

– immobilisation financière,

– nombre de commandes à passer.

En fonction de ces résultats, il faut éventuellement modifier les objectifs de niveau de couverture de stock et de taux de service par catégories d'articles, de périodicité maximale de commande et de nombre de commandes totales et recommencer l'analyse individuelle de certains articles au point 3.

Il est bien évident qu'une telle procédure périodique n'élimine pas la nécessité de revoir régulièrement la situation et le paramétrage de tous les articles selon des normes fixées par catégories d'articles. On peut par exemple décider que les articles A et/ou stratégiques doivent être revus tous les jours, les articles B une fois par semaine et les articles C tous les 15 jours ou tous les mois. Chaque commande peut donner lieu à une analyse de la quantité de commande en fonction des rabais proposés par les fournisseurs. Chaque événement doit donner lieu à une analyse : franchissement d'un seuil d'alerte, retard de livraison, alerte déclenchée par un écart entre prévision et consommation supérieur à un certain seuil, commande urgente, retours importants, etc.

Mais c'est l'analyse périodique de l'ensemble du stock qui assurera la cohérence de la politique générale d'approvisionnement.

Cette analyse périodique suppose cependant que le gestionnaire de stock dispose de normes ou d'objectifs et c'est pour l'établissement de ces normes qu'apparaît la nécessité d'organiser une procédure périodique de planification de l'approvisionnement. C'est le rôle de ce que nous préconisons sous le nom de « plan directeur d'approvisionnement ».

Il peut être utile que cet examen s'insère dans une procédure périodique (annuelle par exemple) d'examen de la gestion prévisionnelle de l'entrepôt ou du service logistique tout entier. Une telle démarche peut être menée en deux temps :

1. Analyse prévisionnelle de l'évolution des stocks. Une telle analyse est à mener par le gestionnaire ou les gestionnaires du stock. Il nous paraît d'ailleurs très souhaitable que cette analyse se fasse au sein d'un petit groupe de travail qui passe en revue, avec le ou les gestionnaires concernés, tous les articles du stock en présence du chef de service. C'est l'occasion pour le gestionnaire de stock de réfléchir au paramétrage de ses articles et de ne pas se laisser aller à des habitudes souvent dangereuses. Les autres participants du groupe de travail, choisis pour leur connaissance de la consommation des articles, apportent des explications qui peuvent manquer au gestionnaire de stock.

À l'issue de cette phase, on obtient des prévisions pour la période à venir, prévisions qui si elles ne paraissent pas satisfaisantes pourront être revues dans un deuxième temps en modifiant certains paramètres pour certains articles.

2. Analyse de la gestion prévisionnelle de l'entrepôt ou du centre logistique. Le responsable du ou des gestionnaires de stock va s'efforcer avec les autres responsables de l'entrepôt ou du centre logistique de concilier gestion des stocks et service client dans le cadre d'un plan d'action mettant en avant les coûts du service logistique. L'organisation du transport ou de la manutention auront pu donner lieu à un examen simultané en même temps que l'examen du stock prévisionnel et c'est la synthèse de ces éléments qu'il s'agit de rassembler pour établir le budget prévisionnel du centre de coût que constitue l'entrepôt, le centre logistique ou le service logistique tout entier (figure 4.15).

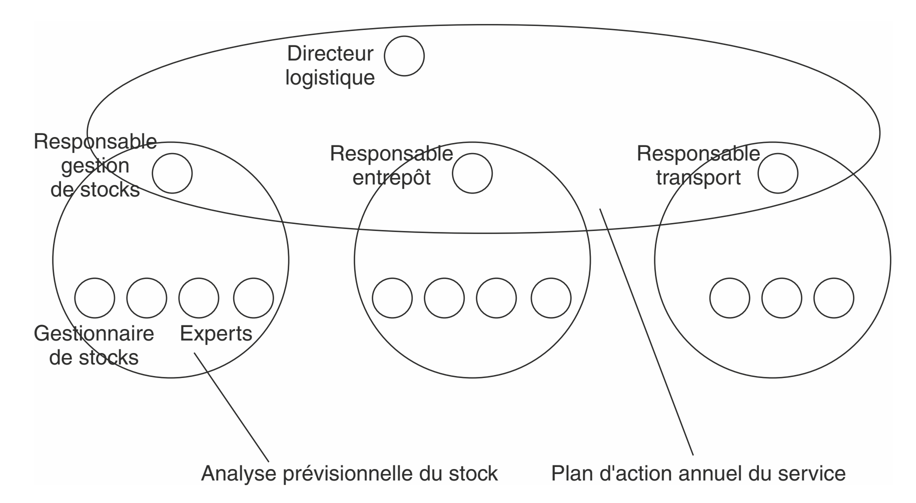


Figure 4.15 – Établissement du budget prévisionnel du service logistique.

4.4.8 Management des ruptures de stock

Quelle que soit la qualité d'une politique de gestion des stocks, elle se traduira nécessairement par des ruptures de stock. Le *fill-rate* ou autre taux de qualité de service ne sera jamais égal à 100 %. Il y aura donc des ruptures de stock or ce mal nécessaire n'est pas sans conséquences. Il représente un moment fort de la relation client-fournisseur et doit donc être géré. De nombreuses études ont été effectuées sur l'attitude des consommateurs qui ne trouvent pas un article dont ils ont besoin.

Les dernières évaluations publiées en 2006 sur les ruptures de stock constatées en point de vente alimentaire font état d'un taux de rupture de l'ordre de 7,5 % qui peut atteindre près de 15 % le samedi après-midi lors du pic d'achats pour les produits à marque forte très demandée.

Vont-ils retarder leur achat ? Combien de temps ? Vont-ils changer de marque ? Provisoirement ? Définitivement ? Vont-ils aller dans un autre lieu de vente ? Vont-ils se renseigner pour savoir quand ils pourront à nouveau trouver cet article ? Les comportements dépendent évidemment du type de produit, de besoin, de marché, de client...

Lorsqu'il s'agit de satisfaire des besoins internes à l'entreprise, la rupture de stock n'est pas neutre non plus. Elle va induire des attitudes de constitution de stocks de protection chez les utilisateurs. Elle va modifier l'attitude vis-à-vis du service logistique et à terme l'organisation...

Un point cependant émerge de toutes les analyses. La qualité de l'information donnée au client interne ou externe et l'attention apportée par le fournisseur à ses difficultés sont très importantes pour l'évolution de la relation client-fournisseur. Un client non satisfait immédiatement mais qui constate le souci du vendeur, et du système logistique qui l'assiste, de remédier à son problème peut devenir un client plus conforté dans son appréciation du produit et de son fabricant, qu'il ne l'était avant la rupture. Ceci suppose que l'organisation logistique soit capable de fournir une information rapide et exacte sur les délais de mise à disposition du produit. Si l'entreprise ne peut annoncer un délai ou le

reporte à plusieurs reprises, ses commerciaux ne sont plus crédibles et l'effet de pénurie est accentué par une preuve d'inefficacité.

La gestion des ruptures de stock doit donc être organisée au sein de l'entreprise dans plusieurs sens :

– remédiation rapide à la rupture en prenant toutes dispositions nécessaires : commandes en urgence selon une procédure prévue à l'avance, livraison en urgence, redéploiement d'un entrepôt à l'autre, analyse des urgences et gestion de la pénurie, etc. La rupture doit être traitée immédiatement et s'il le faut au plus haut niveau de chaque direction concernée. Un directeur logistique qui ne connaît pas au jour le jour la situation de toutes les ruptures, n'est pas un directeur logistique... ;

– détermination précise des conditions du retour à la normale : la date déterminée doit être certaine ; les modalités du retour à la normale doivent être analysées avec la suite à donner aux commandes en attente, les priorités, les conséquences de la rupture sur les commandes à venir ;

– communication aux services commerciaux et/ou aux utilisateurs internes des causes de la rupture, des mesures prises pour gérer la pénurie, du retour prévu à la normale ;

– communication avec les clients pour leur expliquer la situation et voir avec eux comment remédier à leur problème en attendant la date annoncée des livraisons ;

– analyse d'incident pour déterminer l'origine de la rupture et la façon de s'en prémunir pour l'avenir et au minimum la façon d'y remédier si elle se produit à nouveau.

On notera en effet que les ruptures de stock peuvent souvent être évitées. S'il est vrai que le taux de service choisi pour déterminer un stock de sécurité implique un certain taux de ruptures de stock, il n'en reste pas moins qu'un suivi permanent des consommations permet de détecter un phénomène de consommation anormale ou même une forte probabilité de rupture à laquelle il est souvent possible de remédier en mettant en œuvre une procédure de dépannage : redistribution entre magasins, commande d'urgence auprès d'un fournisseur, lancement d'une production exceptionnelle, etc. On peut gérer un stock à 99 % de qualité de service avec un taux de service de 90 % ou même beaucoup moins, à condition de le surveiller tous les jours et d'avoir prévu des possibilités de dépannage.

Bibliographie

BEAULIEU J.-P., PÉGUY A., *Audit et gestion des stocks*, Vuibert, Paris, 1985.

BOURBONNAIS R., VALLIN P., *Comment optimiser les approvisionnements*, Economica, Paris, 1995.

COSTE G., DOLIGEZ M., *La gestion des stocks assistée par ordinateur*, Éditions du Moniteur, Paris, 1987.

FERRIER J., *La gestion scientifique des stocks*, Dunod, Paris, 1966.

KILLEEN L.,*Techniques de gestion des stocks*, Traduction F. Guillon, Bordas, Paris, 1971.

MOCELLIN P., *Pratique de la gestion des stocks*, Fonctions de l'Entreprise, Dunod, 2006.

MOLET H., *Systèmes de production*, École nationale supérieure des mines de Paris, 1995.

WATERS C. D. J., Donald Waters, *Inventory Control and Management*, John Wiley & Sons, 2003.

5 • PRÉVISION DES BESOINS ET DE LA DEMANDE

5.1 Importance de la prévision et idées clés

Les prévisions constituent sans aucun doute l'une des problématiques les plus cruciales en matière de logistique. Il existe des environnements business comme celui des telecoms par exemple qui ont des taux d'erreurs de leurs prévisions de plus de 70 % alors qu'en général on mesure la qualité des prévisions (*forecast accuracy*) en annonçant des taux de fiabilité des prévisions à hauteur de 90 %.

La réduction du cycle de vie des produits, l'éclatement du nombre de références, les innovations technologiques produit, les actions promotionnelles, la volatilité de la demande, la pression concurrentielle sont autant de facteurs qui rendent difficile la prédictabilité de la demande. La logistique fondamentalement au service du business se doit de prendre en compte ces inducteurs de développement business et de déstabilisation des chaînes logistiques. Son objectif est de trouver les meilleurs compromis en matière de coût logistique, de niveau des stocks et de l'optimisation des investissements de capacité sur l'ensemble de la chaîne logistique.

Un modèle de prévision peut se définir par :

– la nature et le format des données utilisées en entrée et fournies en sortie du processus de prévision ;

– le type de modèle mathématique utilisé ;

– les outils des systèmes d'information ;

– le processus de prévision qui met en avant la contribution des acteurs devant être impliqués dans l'élaboration d'une prévision, les indicateurs de mesure de performance des prévisions.

L'un des points essentiels est de bien définir le ou les bons modèles en fonction de l'environnement business de l'entreprise concernée et des inducteurs d'évolution précités. Les questions auxquelles il s'agit de répondre sont de manière non exhaustive :

– à quelle maille de la hiérarchie produit faut-il faire la prévision (référence article élémentaire ou sous-famille) ?

– à quel stade du processus de production doit-on appliquer la prévision (matières premières, matières de conditionnement, composants standards, semi-finis, produits finis) ?

– quels sont les différents horizons de temps de la prévision ?

– quels sont les critères de segmentation et les segments produits-marchés-clients-canaux de distribution qui sont pertinents ?

– quelles sont les règles de gestion (*business rules*) qui sont les plus adaptées à une catégorie de produit donnée ?

– quels sont les outils soutenant l'élaboration des prévisions et comment les interfacer au mieux avec l'environnement informatique de l'entreprise ?

– quelles sont les étapes clefs d'un processus prévision ?

– quels sont les indicateurs de mesure de performance de la prévision ?

Les métiers liés à la prévision ont pris une grande importance : les ingénieurs prévisionnistes et les *demand planning managers* en sont la meilleure illustration. Au-delà des compétences techniques et mathématiques qu'il ne faut pas sous-estimer, il est selon nous essentiel de mettre l'accent sur l'importance du processus de prévision et de l'implication des acteurs dans le déroulement du processus.

Plus que tout autre processus Supply Chain, la qualité des prévisions dépend de la capacité de la fonction logistique à animer, coordonner les fonctions participant à la performance de la Supply Chain et ce, dans une approche collaborative.

Pour revenir sur notre exemple introductif quelque peu extrême dans le secteur des telecoms, il sera plus que jamais essentiel d'associer les niveaux de conception, tactique et opérationnel de la logistique. Cela signifie que si une prévision globale (consolidée à la famille et sur un horizon moyen terme) a tout son sens pour nourrir les plans d'investissement et de gestion de la capacité, en revanche, c'est se tromper que d'espérer gérer au plan opérationnel une prévision à l'article pour élaborer les plans de production à court terme. À ce niveau, la prévision n'est pas la solution. La mise en place d'un processus de différenciation retardée combinant *Make-To-Stock* et *Make-To-Order*, la standardisation des composants associée à une conception modulaire des produits et la recherche d'une très grande réactivité et flexibilité opérationnelle constitueront les véritables solutions que ne pourrait remplacer une prévision.

Bien évidemment le niveau d'investissement en maîtrise des outils, en développement de compétences et en mobilisation des acteurs au sein d'un processus collaboratif est très important. Les résultats peuvent être également très positifs et récompenser de tels efforts. Dans les produits frais et ultra-frais, secteur dans lequel la prévision est doublement cruciale pour assurer une excellente disponibilité des produits sur linéaire en magasin et pour optimiser les capacités industrielles, il n'est pas rare d'atteindre des niveaux de service en volume proches de 99,5 % grâce à la performance des systèmes de prévision.

La prévision est donc le point de départ nécessaire de l'action logistique. Or, nous voudrions montrer ici que la prévision n'est jamais la simple application de formules. C'est une démarche hypothético-déductive qui consiste à faire des hypothèses, à modéliser des phénomènes en fonction de ces hypothèses, à vérifier la pertinence de ces hypothèses en appliquant le modèle au passé, à extrapoler au futur le modèle corrigé par approches successives et à corriger ses résultats par

les informations de toute nature dont on peut disposer, à mesurer la qualité des prévisions faites et à corriger le modèle pour la période suivante. Cette description pourrait aussi bien s'appliquer à n'importe quelle démarche scientifique et c'est là que nous voulions en venir : la prévision des besoins est une démarche scientifique qui exige des gens formés à cette démarche, qui en comprennent et en discutent les méthodes et les hypothèses et qui savent aller chercher l'information là où elle est, y compris en dehors de leurs fichiers informatiques.

On étudiera donc successivement :

– ce qu'est une prévision,

– les techniques de modélisation utilisables,

– l'organisation de la prévision des besoins en termes de processus.

5.2 Qu'est-ce qu'une prévision de besoins ?

Le mot « prévision » a un double sens : celui de l'acte de prévoir et le résultat de cet acte de prévision. C'est dans ce deuxième sens que nous l'entendons ici. Une prévision de besoin, avec cette acception, est un ensemble de données comprenant :

– l'identification de l'article concerné ou du groupe d'articles concernés,

– l'unité de consommation de cet article,

– l'unité de temps de la période de prévision concernée (heure, jour, semaine, mois, etc.),

– l'horizon de prévision : point de départ et durée de la période de prévision,

– une série de nombres à deux dimensions caractérisant les quantités prévues.

5.2.1 Identification de l'article ou du groupe d'articles concernés

Il est évident qu'il convient de savoir pour quel article on effectue une prévision. Mais le travail de prévision peut être une tâche complexe que l'on ne souhaite pas mener pour chacun des articles à gérer. Les prévisions de vente de vêtements peuvent être faites par modèle sans tenir compte dans un premier temps des différentes tailles. C'est seulement dans un deuxième temps que l'on procédera à la répartition de la prévision globale pour le modèle entre les différentes tailles, en utilisant des répartitions types selon les populations à habiller. On pourra procéder de la même façon pour des couleurs ou toute autre caractéristique. Ainsi la société Thorn Europhane, filiale de la branche « éclairage » de Thorn EMI, a-t-elle, pour des besoins de prévision, regroupé en 200 familles homogènes, appelées « produits » les 2 500 articles de son catalogue (Becker, 1995). Un processus de prévision peut donc être à plusieurs étapes de différenciations successives et les procédures de prévision peuvent être tout à fait différentes à chacune des étapes. Ainsi peut-on demander à un service de marketing de définir des prévisions de vente de produits génériques (produit dans une fourchette de prix par exemple et/ou correspondant à un certain « style ») par segment de marché, puis procéder à la répartition de chaque produit générique entre les différents modèles à partir de répartitions types selon les segments de marché et/ou les lieux de vente et/ou

les périodes de l'année, etc. On peut également analyser les consommations prévisionnelles par zone. Pour l'établissement d'un schéma directeur logistique, on raisonnera assez souvent en segmentant les articles par tranches de poids et par zone. Le découpage de l'ensemble des articles en segments homogènes du point de vue du poids ou du volume permettra de déterminer les moyens de manutention ou de transport nécessaires. Des distinctions doivent souvent être effectuées selon la durée de vie des produits : produits frais, produits secs, etc. Les segmentations de nature commerciales pourront faciliter l'adaptation de la logistique au niveau de qualité de service et de délai attendu par chaque segment de clientèle.

5.2.2 Unité de consommation de cet article

L'une des premières difficultés rencontrées dans l'élaboration de la prévision est de bien faire la distinction entre budget/plan de ventes qui formalisent les objectifs commerciaux et les prévisions qui ont vocation à estimer en fonction de facteurs rationnels les volumes des ventes. La seconde difficulté consiste souvent à traduire des estimations commerciales et financières utilisant des devises monétaires comme unité de compte. Il faut mener alors tout un travail de conversion pour rendre compatibles des angles de vue qui ont tous leur intérêt.

Il est encore évident qu'il convient de connaître l'unité dans laquelle on fait la prévision qui est généralement l'unité de gestion, celle qui sert à suivre le stock. Mais dans un système de gestion des stocks, il peut y avoir de nombreuses unités différentes pour un même article : unités d'achat, unité de livraison par le fournisseur, unité de magasinage, unité de gestion, unité comptable, unités de distribution, etc. Moins il y en a, mieux cela vaut car on évite ainsi beaucoup d'erreurs. Tous les gestionnaires de stock ont à raconter des incidents, parfois comiques mais toujours onéreux, de livraisons invraisemblables à la suite d'une erreur d'unité.

Le choix de l'unité qui sert à la prévision n'est pas indifférent. Si l'on prévoit statistiquement pour le mois prochain une consommation de 1 500 unités d'un produit mais si l'unité de distribution est la palette de 1 200 unités, on est certain que les consommations seront de 0, 1 200, 2 400 ou plus mais pas 1 500[1] et les calculs que l'on peut faire à partir d'une consommation prévue de 1 500 pourront être grossièrement faux. Particulièrement, si on fixe un point de commande de 2 000, on doit normalement passer une commande dès que le stock tombe un peu *en dessous*[2] de 2 000 unités et l'on peut compter que, quand on passera la nouvelle commande, il restera un peu moins de 2 000 unités. Mais en réalité comme on distribue des palettes de 1 200, quand le stock tombera en dessous de 2 000, il passera de 2 400 à 1 200 et on ne disposera plus que de 1 200 unités au lieu de 2 000 pour attendre la prochaine commande, ce qui a de bonnes chances de nous mettre en rupture de stock

1. Statistiquement, cela pourra éventuellement se traduire par l'utilisation d'une loi de Poisson au lieu d'une loi normale car l'unité réelle de consommation est la palette et les consommations mensuelles sont d'un petit nombre de palettes (voir infra).
2. C'est avec la plupart des progiciels, le franchissement du point de commande qui provoque le réapprovisionnement et non le fait de l'atteindre.

à un moment ou à un autre. Il en serait de même si l'on fixait le point de commande à 2 400. Le gestionnaire avisé fixera donc le point de commande à 2 401.

5.2.3 Unité de temps de la période de prévision

L'unité de temps de la période de prévision est aussi le plus souvent l'unité de temps qui sert à analyser les consommations du passé. Or cette unité n'est pas neutre du fait qu'elle réalise implicitement un certain lissage de certaines variations chronologiques. Ainsi, si on mesure les consommations chaque semaine, il est évident que les consommations hebdomadaires lisseront implicitement les variations de consommation des différents jours de la semaine. Si on vend plus le samedi et moins le lundi, on n'aura pas besoin de tenir compte de ces variations journalières dans l'analyse des consommations. Mais bien entendu il ne sera pas tenu compte des variations accidentelles, jour férié par exemple, et on devra adapter les prévisions à d'éventuels jours fériés alors que l'on n'aura pas besoin de tenir compte des variations « habituelles ».

Ainsi une unité journalière lisse les variations horaires régulières ; une unité hebdomadaire, les variations horaires et journalières régulières ; une unité mensuelle, les variations horaires, journalières et entre les semaines mais pas les variations de nombre de jours dans le mois ; une unité trimestrielle, les variations horaires, journalières, mensuelles, etc.

En fait les prévisions dont a besoin le logisticien ne concernent pas directement l'unité de temps, mais une certaine période de temps utile exprimée en unités de temps :

– Dans le cas de réapprovisionnement sur point de commande et pour fixer son niveau, la question est : « quelle peut être la consommation pendant le délai de réapprovisionnement ? »

– Dans le cas de remplacement d'une pièce défaillante, la question est : « si j'utilise une pièce pour réparer à la suite d'une défaillance, combien de nouvelles défaillances peut-il se produire pendant le temps de réapprovisionnement d'une nouvelle pièce ou de réparation de l'ancienne ? » de façon à dimensionner le stock de pièces de rechange.

Or si la consommation moyenne est généralement proportionnelle au temps, la variabilité de cette consommation ne l'est pas. Si le niveau du stock de sécurité dépend le plus souvent du délai de livraison dans un système de réapprovisionnement sur point de commande, cette relation n'est généralement pas proportionnelle. Si un stock de sécurité est de 1 pour un délai de réapprovisionnement de 1 mois, il sera souvent de $\sqrt{4} = 2$ pour un délai de réapprovisionnement de 4 mois et de $\sqrt{0,5} = 0,7$ pour un délai de réapprovisionnement de 1/2 mois.

5.2.4 Horizon de prévision

L'horizon de prévision, c'est le point de départ de la prévision et le nombre de périodes de temps pour laquelle on fait la prévision.

En ce qui concerne les procédures et les méthodes de prévision, on utilise des méthodes souvent très différentes en fonction de cet horizon de prévision (qui

B

LOGISTIQUE DES FLUX ET DES STOCKS

n'est pas alors sans lien avec l'unité de temps). Une prévision annuelle à 5 ans ne se fait pas selon les mêmes méthodes qu'une prévision hebdomadaire à 1 mois. Les objectifs de ces prévisions ne sont pas non plus les mêmes. Dans le premier cas, il pourra s'agir de négocier des contrats pluriannuels avec un fournisseur et ces prévisions serviront au service d'achat aussi bien qu'aux autres services de l'entreprise. Le service logistique l'utilisera pour prévoir l'évolution de ses moyens de stockage, de transport et de manutention ou pour établir son schéma directeur logistique (voir chapitre 18). Le contrôleur de gestion l'utilisera pour préparer ses budgets, etc. Au contraire la prévision à 1 mois servira à l'approvisionneur à passer ses commandes ; elle pourra servir aussi au gestionnaire de la trésorerie pour préparer son « budget de trésorerie », etc. Les participants à la procédure de prévision proprement dite ne seront pas non plus les mêmes dans les deux cas.

Notons que le pas trimestriel (*quarter*) est souvent choisi, les publications des résultats financiers des entreprises rythmant de plus en plus la vie des entreprises et donc leurs processus.

Bien entendu, il y a des liens entre ces différents types de prévisions et par exemple les prévisions de tendance à long terme permettent d'éclairer les prévisions à court terme ce qui n'empêchera pas de détecter en cours de réalisation de prévision à court terme des modifications de tendance qui peuvent conduire à remettre en cause les prévisions à long terme.

5.2.5 Valeurs de la prévision

En logistique, on ne peut se contenter de prévisions qualitatives : il faut mettre des nombres en face des prévisions, mais cela pose des problèmes de définition sur lesquelles reposent beaucoup de malentendus.

■ Un seul nombre

On peut dire que l'on prévoit une consommation de 100 unités de tel article pour la semaine prochaine mais cela peut signifier beaucoup de choses différentes.

Cela peut vouloir dire que l'on est certain que la consommation sera de 100 unités. Par exemple, il est possible que les clients nous commandent ce produit une semaine à l'avance et on est donc certain, après avoir reçu leurs commandes, que, sauf incident très exceptionnel, c'est ce qui sera consommé. Il en sera de même chaque fois que les consommations sont déterminées par exemple par un programme de fabrication que l'on peut considérer comme certain.

Cela peut vouloir dire que la consommation moyenne sera de 100 la semaine prochaine mais que signifie une consommation moyenne sur une seule semaine ? En fait, rien. On veut dire vraisemblablement que la consommation moyenne de 100 des semaines précédentes se réalisera aussi la semaine prochaine ou encore que la consommation moyenne qui était de 90 augmentera de telle sorte que pour les prochaines périodes elle devrait être de 100 mais ce n'est pas très clair.

En fait les consommations hebdomadaires passées peuvent s'analyser avec une moyenne, mais la situation peut être très différente selon la variabilité des

consommations autour de cette moyenne. Les deux séries chronologiques du tableau 5.1 ont la même moyenne mais correspondent à des consommations très différentes :

Tableau 5.1 – Exemple de variabilité de consommation autour d'une moyenne

Valeurs												Moyenne
300	200	0	20	110	320	40	10	0	0	50	150	100
100	105	110	85	102	98	98	101	110	92	102	97	100

Il est évident que l'on ne va pas faire la même prévision de consommation pour la période suivante à partir de ces deux séries.

Un seul nombre peut donc constituer une anticipation si on est certain qu'il va se réaliser, mais si la prévision se teinte d'aléatoire (c'est dans ces cas-là que l'on parle de « prévisions »), un seul nombre ne peut constituer une prévision. Il faut alors introduire d'autres données[1].

■ Une fourchette + une probabilité

Dans le cas de la première série du tableau 5.1, on peut considérer que les valeurs varient dans la fourchette 0 à 320 alors que dans la deuxième série, elles varient dans la fourchette 85 à 105, mais rien ne me prouve que l'on n'obtiendra pas une valeur située hors de la fourchette dans l'un ou l'autre cas. Il faudrait que l'on puisse calculer la probabilité que la prévision se situe dans la fourchette. On pourra alors pour la première série faire une prévision de fourchette de 0 – 320 à 92 % de chances (probabilité d'être dans la fourchette = 0,92) ou de 50 – 150 à 54 %.

Il faut ensuite être capable de calculer les commandes pour ne pas être en rupture de stock avec une telle prévision ce qui comme on le verra est souvent possible (mais pas toujours).

■ Une valeur centrale + un indicateur de dispersion

On peut compléter la moyenne de chacune des deux séries chronologiques du tableau 5.1 par un indicateur de dispersion. Nous renvoyons alors à tous les bons ouvrages de statistique, mais l'on notera que l'on utilise le plus souvent :

– soit l'écart absolu moyen (EAM) en anglais MAD (*Medium Absolute Deviation*),

– soit l'écart-type.

Pour la première série, l'EAM est de 97 et l'écart-type de 112.

Pour la deuxième série, l'EAM est de 5 et l'écart-type de 7.

Il faut ensuite être capable là encore de calculer les commandes pour ne pas être en rupture de stock avec une telle prévision ce qui comme on le verra est souvent possible (mais pas toujours) et pour les mêmes raisons.

1. La mauvaise habitude contractée par les instituts de sondage et/ou les journaux de publier des résultats de sondage par échantillon avec un seul nombre, sans fourchette ni seuil de signification, ne facilite pas la compréhension de ce qu'est une prévision.

Assez souvent, l'indicateur de dispersion est remplacé par un indicateur de qualité de la prévision. Ces deux types de données peuvent avoir la même forme mathématique (écart absolu moyen, écart-type, etc.) mais leur nature est différente. L'indicateur de dispersion résulte normalement d'une analyse d'une série chronologique alors que l'indicateur de qualité de prévision tient compte de tous les éléments qui ont servi à la prévision, y compris des facteurs humains si la prévision a été déterminée intuitivement, corrigée par un prévisionniste ou encore a utilisé des modèles différents au fil du temps.

■ Une série de valeurs avec leurs probabilités respectives (variable aléatoire)

Avec une fourchette du type 85 - 105 à 95 %, on ne sait pas si la consommation sera plus souvent 100 ou 101 que 85 ou 86 or il arrive souvent que les valeurs centrales soient plus fréquentes que les valeurs extrêmes. Ceci est important en gestion des stocks car cela signifie que, si la structure des consommations ne change pas, les valeurs plus proches de 100 seront plus probables. On peut alors représenter la consommation passée par une « distribution » au sens statistique du terme, c'est-à-dire par une série de valeurs ou d'intervalles de valeurs affectés chacun d'une fréquence et, de la même façon, on pourra représenter la prévision sous forme d'une série de valeurs ou d'intervalles de valeurs affectés chacun d'une probabilité (déterminée le plus souvent par l'analyse du passé).

Le tableau 5.2 donne comme exemple la distribution des valeurs mensuelles relevées sur 90 mois de consommations d'un article.

Tableau 5.2 – Exemple de distribution sur 90 mois de consommation d'un article

Intervalles	0 - 19	20 - 39	40 - 59	60 - 79	80 - 99	100-119	120-139	140-159	160-179	180-199
Fréquences	1	2	5	12	25	28	11	5	0	1

On peut représenter graphiquement ce tableau (figure 5.1).

Lorsque chaque intervalle se réduit à une seule valeur et que l'on remplace les fréquences par des probabilités, on retrouve la notion classique de « variable aléatoire ».

L'analyse du tableau 5.2 est particulièrement riche pour la gestion d'un stock à partir de cette consommation prévisionnelle. S'il s'agit dans cet exemple de consommations mensuelles d'un article en stock et si l'on pense que la consommation des mois prochains sera du même modèle que celle des 90 mois précédents, on sait que sur 90 mois, on aura environ 1 fois, une consommation comprise entre 0 et 19 unités et environ 2 fois une consommation comprise entre 20 et 39 unités, donc environ 3 fois une consommation comprise entre 0 et 39 unités. De la même façon, on aura 1 + 2 + 5 + 12 + 25 = 45 fois une consommation comprise entre 0 et 99 unités, ce qui revient à une fois sur deux (45/90). Si l'on a en début de mois un stock de 99 unités et si l'on ne reçoit pas de réapprovisionnement en cours de mois, on aura une chance sur deux d'être en rupture de stock à la fin du mois et une chance sur deux d'avoir encore du stock. Avec un stock de 119, on aura 11 + 5 + 0 + 1 = 17

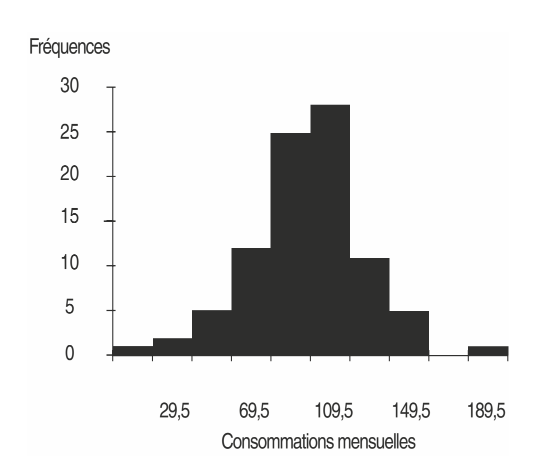


Figure 5.1 – Distribution des consommations relevées sur 90 mois.

chances sur 90, soit environ 19 % de chances de tomber en rupture de stock. Avec un stock de 139, on n'aura plus que 5 + 1 = 6 chances sur 90, soit à peu près 7 chances sur 100 de tomber en rupture de stock. Et avec un stock de 159, on n'aura plus que 1 chance sur 90, soit 1,1 chance sur 100 d'être en rupture de stock d'ici la fin du mois.

Ce pourcentage de « chances » est ce qu'on appelle le « taux de service ». Un taux de service de 99 % signifie que, si l'on constitue un stock en fonction de ce taux et de la variable aléatoire qui représente la consommation, la consommation de la période de temps considéré ne dépassera la quantité en stock que 1 fois sur 100. Ce taux de service n'est pas un indicateur de qualité de service. Il ne représente pas comme on le croit trop souvent, et comme on l'écrit parfois, le pourcentage des commandes des clients qui seront satisfaites, ni le pourcentage des lignes de commandes qui seront satisfaites, etc.

Il faut bien entendu remplir plusieurs conditions pour que ce raisonnement soit valide :

– que l'avenir reproduise le passé, c'est-à-dire qu'il n'y ait aucune raison pour que les consommations du futur soient différentes de celles du passé,

– que la période de temps qui a servi à établir ces statistiques soit suffisamment longue pour que l'on ait éliminé toutes les variations aléatoires.

Une variable aléatoire de ce type est donc nettement plus riche pour la prévision qu'une simple fourchette ou qu'un couple « valeur centrale – indicateur de dispersion ». C'est cependant très lourd à manipuler. L'idée de base consistera à modéliser la consommation avec une loi de distribution appropriée de telle sorte que l'on puise reconstituer ces valeurs à partir d'une seule valeur (moyenne) ou de deux valeurs (moyenne + indicateur de dispersion).

■ Une deuxième dimension : l'horizon de prévision

Assez souvent la prévision ne porte pas sur une seule unité de temps mais sur plusieurs ; c'est ce qu'on a appelé ici l'horizon de prévision. Il est évident que la prévision de chaque unité de temps n'est pas nécessairement la même.

Par exemple, si on est en décembre et que l'on établit des prévisions mensuelles pour les quatre mois à venir, on peut déterminer que :

– la consommation de janvier sera de moyenne 97,5 avec écart-type 30
– février 105 30
– mars 110 31
– avril 120 31

Nous avons ici un trend d'augmentation lente de l'écart-type en même temps qu'augmente la consommation. On notera cependant que l'incertitude augmente avec l'horizon de prévision et souvent de façon très importante, ce que l'on représente parfois par le diagramme[1] de la figure 5.2.

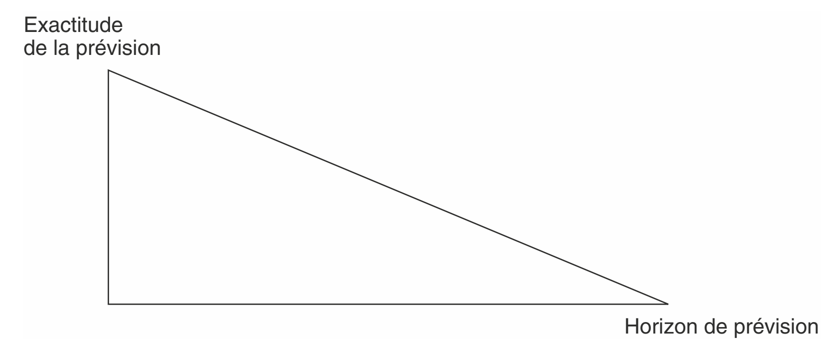


Figure 5.2 – Augmentation de l'incertitude avec l'horizon de prévision.

En réalité cette relation n'a aucune raison d'être proportionnelle : l'incertitude augmente souvent plus que proportionnellement à la distance de l'horizon. On a donc le plus souvent intérêt à rapprocher l'horizon de prévision en réduisant au minimum le cycle logistique, et particulièrement les cycles de fabrication. C'est probablement une des meilleurs raisons du juste-à-temps que cette incapacité à prévoir des évolutions au-delà du très court terme dans un environnement à variations rapides.

Quoi qu'il en soit, les quatre distributions mensuelles précédentes pourront être celles de la figure 5.3.

Tout cela peut paraître complexe mais, comme on l'a déjà vu, il existe des moyens de simplifier les données prévisionnelles et leur exploitation. La prévision quantitative est donc une prévision à deux dimensions :

– une dimension de variable aléatoire affectant une probabilité à chaque valeur ou classe de valeurs possible,

– une dimension temporelle correspondant à l'horizon de prévision.

Nous traiterons ces deux problèmes séparément, même s'ils se retrouvent l'un et l'autre dans la plupart des prévisions.

1. Voir par exemple Lurquin (1996).

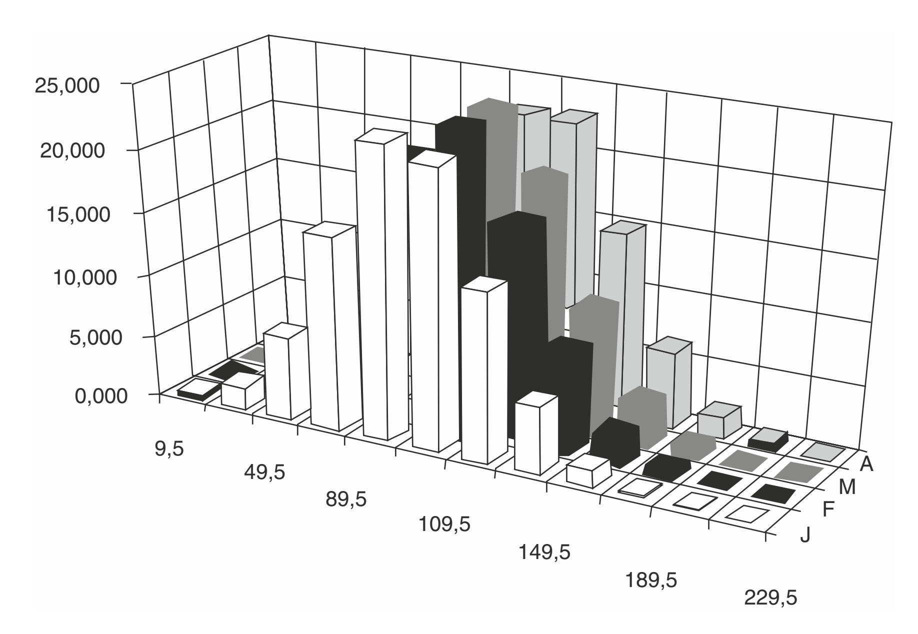


Figure 5.3 – Histogramme des distributions mensuelles.

■ Les autres données de la prévision

Selon le type d'étude qui est l'objet de la prévision, on peut avoir besoin de nombreuses données qui ne sont pas simplement des consommations par unité de temps, par exemple la distribution des quantités consommées pour chaque ligne de commande. Chaque ligne de sortie représente un certain nombre d'unités du produit. Il est parfois extrêmement important de connaître la distribution de ces quantités. Pour établir une planification de la manutention ou des transports, il est nécessaire de connaître le poids, le volume ou le nombre d'unités de conditionnement (unité, paquet, palette, etc.) des sorties. La distribution du nombre d'unités n'est d'ailleurs pas sans incidence sur la recherche d'une loi de consommation, tenant compte de ces « grappes » de consommation.

5.3 Établir la prévision : agrégation ou modélisation des besoins

Pour établir une prévision de besoins comme nous venons de la définir, il va falloir se construire une certaine représentation de la réalité. C'est ce qu'on appelle un « modèle ».

Il va de soi que les méthodes de prévision dépendent étroitement de l'objet de cette prévision, du secteur économique concerné, du produit lui même et de ses capacités de stockage et de conservation, des objectifs de la prévision et de son horizon. On ne prévoit pas de la même façon des ventes de grande

surface et une production d'acier pour l'industrie. On ne prévoit pas de la même façon pour produire, vendre ou spéculer.

Il est évident que tous les secteurs d'une entreprise sont intéressés par la prévision et ces différentes utilisations de la prévision impliquent des horizons différents (d'après Bourbonnais *et al.*, 1992) :

Tableau 5.3 – Horizons des différents secteurs d'une entreprise

Fonction	Application	Horizon
Gestion commerciale	Prévision de ventes Fixation d'objectifs Gestion des stocks Livraisons	3 - 6 mois quelques jours à 3 mois
Gestion de production	Prévisions de commandes ou livraisons Planning, ordonnancement Gestion des stocks	3 - 6 mois quelques jours à 3 mois
Marketing	Prévisions de vente Plan marketing	6 - 12 mois
Finance	Simulation financière Plan de trésorerie Gestion du risque de change	3 - 12 mois
Contrôle de gestion	Budgets	6 - 15 mois
Plan	Planification stratégique	3 ans et plus

Les méthodes utilisées par chacun de ces services peuvent être très différentes les unes des autres et l'on verra que ces différences de méthodes peuvent être sources de conflits importants (B.5.7). On peut essayer de classer les méthodes de prévision en trois catégories :

– les prévisions par agrégation de prévisions « locales »,

– la modélisation à partir de facteurs exogènes,

– la modélisation par analyse du passé.

Cette dernière joue, à tort ou à raison, un rôle important en matière logistique et repose sur des méthodes bien formalisées qu'il importe de connaître. Son étude sera donc particulièrement développée ici.

5.3.1 Prévisions par agrégation de prévisions « locales »

C'est la méthode la plus classique qui consiste à demander à ceux qui sont au plus près du « terrain » ce qu'ils prévoient et à agréger ensuite ces prévisions individuelles. Dans les administrations ou établissements ayant un passé « administratif », c'est une méthode « naturelle » qui consiste à demander à

chaque responsable budgétaire d'établir pour l'année suivante ses « besoins » en personnel, matériel et finance. L'agrégation des besoins en matériel constituera la prévision de consommation de l'année suivante. Beaucoup de cadres d'entreprises de ce type n'arrivent pas à imaginer que l'on puisse établir autrement des prévisions.

Dans la grande distribution, cette méthode consistant à demander aux chefs de rayon de prévoir leurs besoins (le plus souvent à très court terme) reste encore très employée.

On peut penser qu'en demandant leur avis à ceux qui sont au plus près de la demande, on bénéficiera de leur expérience. En outre leurs prévisions constituent, de façon plus ou moins formalisée suivant les entreprises, une sorte d'engagement de réaliser ces prévisions, ce qui devrait en assurer la qualité a posteriori.

En réalité ces prévisions par agrégation locales posent de nombreux problèmes :

– On ne précise pas le plus souvent comment procèdent ceux qui doivent établir ces prévisions « locales » ce qui revient à ne pas avoir de méthodes de prévision. Certains se contentent de reproduire les résultats de la période précédente sans se poser de questions. Beaucoup assimilent ces prévisions à des objectifs et les biaisent parfois en fonction de leur mode de rémunération (« sous-optimisation » pour augmenter leur marge par exemple) ou en fonction des moyens qu'on leur attribuera pour atteindre leurs objectifs (si les moyens dépendent des objectifs) ou en fonction des objectifs techniques et commerciaux qu'on leur a donné. D'autres font jouer leur « intuition » du marché. Mais cette intuition dépend de beaucoup de facteurs. Certains sont optimistes ; d'autres sont pessimistes ; beaucoup sont influencés par les résultats de la dernière période vécue.

– La tendance actuelle des entreprises à faire « tourner » leurs responsables de terrain afin d'éviter qu'ils ne deviennent routiniers fait perdre une partie de l'expérience locale.

– Ces prévisions sont surtout très hétérogènes. Certains les font avec soin et compétence. D'autres les bâclent. Mais il est très difficile de dire ce que vaut une prévision globale constituée à partir de prévisions partielles hétérogènes. On peut envisager, pour palier cette difficulté, de calculer par la suite des indices de qualité de prévision mais la qualité de la prévision peut varier dans le temps.

On notera que cette méthode est encore très utilisée dans la grande distribution, parfois après des expériences de centralisation jugées non concluantes.

L'imperfection de ces méthodes ne signifie pas qu'il ne faut pas tenir compte de l'avis des « hommes – et femmes – de terrain » pour établir des prévisions, ce qui serait stupide. Une prévision dite « scientifique » établie uniquement à partir de modèles mathématiques est tout aussi dangereuse. Il peut donc être extrêmement utile de réaliser une prévision de façon centralisée, puis de soumettre cette prévision aux hommes de terrain en leur demandant de la réviser en justifiant leur point de vue. La tendance est donc (B.5.7), d'essayer de concilier les méthodes par « modèles » avec la prise en compte de facteurs pas toujours quantitatifs venant souvent du terrain. Il existe en outre des cas où il n'est pratiquement pas possible d'établir des prévisions par modélisation

parce que le besoin est trop irrégulier et ne peut se déterminer qu'au cas par cas. Tout cela conduira le plus souvent à des systèmes de prévision mixtes combinant remontées du terrain et prévisions par modélisation.

5.3.2 Modélisation à partir de facteurs exogènes

Les méthodes exogènes (encore appelées parfois « explicatives ») consistent à établir des corrélations entre des séries de données exogènes aux consommations du produit et à l'historique de ces consommations. On parle aussi de modélisations « causales ». Ainsi le développement prévu d'une population dans un certain territoire peut entraîner mécaniquement une augmentation de la consommation d'un produit.

Il ne faudrait cependant pas trop marquer l'opposition entre modèles exogènes et endogènes. Lorsqu'il n'est pas possible de construire un modèle avec des facteurs exogènes, on doit se contenter d'extrapoler les consommations (ou ventes) du passé. On verra cependant que les résultats de cette analyse ne peuvent être utilisées sans danger que si l'on est capable d'apporter une explication aux variations constatées. Une variation saisonnière doit pouvoir s'expliquer par une cause au moins qualitative. La différence entre un modèle endogène (extrapolation de l'historique) et un modèle exogène est donc moins le caractère « explicatif » du second que l'apport de facteurs explicatifs quantifiés.

En fait un modèle « exogène » peut prendre toutes sortes de formes. Ce peut être l'expression d'une corrélation simple ou la réalisation d'un modèle mathématique en programmation linéaire. Mais ce peut être aussi, surtout pour les prévisions à moyen terme, la prise en compte d'une procédure de prévision incluant des étapes de prévision endogènes et exogènes avec par exemple :

– détermination de l'historique des ventes nationales,

– établissement d'une corrélation avec un phénomène à moyen terme (évolution des parts de marché par exemple et évolution du marché global lui même),

– prévisions d'évolution de la tendance nationale à partir de ces phénomènes,

– répartition géographique par zones à partir de la situation actuelle,

– corrections de cette répartition à partir d'informations sur la concurrence, etc.

L'insertion de facteurs exogènes dans un modèle de prévision dépend largement de la nature de la prévision et du produit concerné. On peut ainsi distinguer différents types de produits (Becker, 1995) :

– Les produits « amont » du secteur industriel. Il s'agit de produits qui vont servir à des industries à réaliser leurs propres produits. Il est clair que les prévisions de l'amont dépendent des prévisions que l'on peut faire sur l'aval. Ainsi la demande d'acier dépend de la demande des différents secteurs industriels clients : automobile, bâtiments, équipements ménagers, etc. Entre les variations de l'activité de ces secteurs industriels et la demande d'acier intervient le jeu complexe des stocks intermédiaires, source de décalages dans le temps. On utilise assez souvent des modèles à « indicateurs en avance » (*leading indicators*) qui permettent de tenir compte de un ou plusieurs indicateurs et de la durée du décalage temporel entre une évolution de ces indicateurs et la variation de la consommation induite. À côté de ces décalages dans le temps jouent des phénomènes d'accélération (au sens keynésien du terme)

qui accentuent les évolutions à la hausse comme à la baisse pour les industries d'équipement. La difficulté principale de ces méthodes consiste à choisir des variables explicatives disponibles dans des délais raisonnables, fortement corrélées à la consommation étudiée et peu autocorrélées entre elles. Ces problèmes de modélisation économétriques ont donné lieu à de nombreuses études, mais il n'est pas certain que le raffinement des méthodes se traduise toujours par de meilleurs résultats.

– Les services et produits d'investissement industriel. Ils comprennent souvent deux composantes qu'il convient de dissocier dans les analyses :

• un fonds d'opérations ou de ventes sur un marché étendu, fonds susceptible d'être analysé statistiquement,

• des opérations ou ventes à un petit nombre de clients importants ou d'opérations très importantes qui ne sont pas susceptibles de donner lieu à une analyse statistique. Des prévisions commerciales assorties de probabilités (évolutives dans le temps) permettent seules d'appréhender ces besoins éventuels. Il va de soi que ces deux composantes d'une consommation doivent être évaluées indépendamment avant d'être agrégées.

– Les biens de consommation durables. Ils correspondent à la demande de populations importantes dont les habitudes de consommation ne se modifient que lentement et pour lesquelles il est possible d'utiliser des méthodes d'analyse statistique. Il est possible d'analyser deux composantes importantes que l'on sait évaluer : la demande de premier équipement et la demande de renouvellement.

– Les produits de grande consommation. C'est le domaine par excellence des modèles de type marketing à partir de beaucoup de données d'origines différentes :

• historique des ventes par point de vente établis à partir des saisies aux caisses enregistreuses,

• panels et études de marché,

• modélisation économétrique du *marketing mix* pour étudier les effets de tarification, les effets des campagnes publicitaires ou des ventes promotionnelles.

Les gestionnaires de stock ou les directions commerciales utilisent peu les variables exogènes et se contentent d'analyser, comme nous allons le voir, les historiques de consommation dont ils disposent. Il est vrai que les systèmes informatiques de gestion des stocks ou de prévision ne prévoient pratiquement pas la recherche de corrélations et, plus généralement, l'utilisation de variables exogènes bien que l'on ait vu apparaître récemment des outils de ce type dans certains systèmes de prévisions. La difficulté est donc double :

– prendre l'habitude d'effectuer des recherches de corrélation, même si ce n'est pas prévu dans le système informatique de prévision,

– trouver, le plus souvent à l'extérieur de l'entreprise, les séries historiques de données et, sauf si l'on peut déterminer des indicateurs en avance, des prévisions fiables pour ces données.

Le résultat peut cependant être extrêmement intéressant et il peut être tout à fait pertinent de faire appel à tous les grands progiciels de prévision qui incluent différentes techniques de *data mining* : méthodes d'analyse des données, algorithmes génétiques, réseaux de neurones, etc.

5.4 Modélisation à partir de l'analyse du passé

On a vu que la prévision quantitative est une prévision à 2 dimensions :

– une dimension de variable aléatoire affectant une probabilité à chaque valeur ou classe de valeurs possible,

– une dimension temporelle correspondant à l'horizon de prévision avec autant de prévisions que de périodes jusqu'à cet horizon.

On distinguera donc deux types d'analyse ou plus exactement de modélisation, l'une synchronique pour chacune des périodes qui s'intéresse aux diverses possibilités de consommation pendant cette période, l'autre diachronique qui s'intéresse aux évolutions dans le temps, de période en période.

La première fait appel à des lois de distribution statistique, la seconde à des méthodes d'analyse de données chronologiques.

5.4.1 Modélisation stochastique (ou synchronique) : loi normale ou loi de Poisson

Supposons que l'on soit capable de déterminer une valeur médiane de notre consommation prévisionnelle pour une prochaine période. Nous verrons d'ailleurs dans le paragraphe suivant comment l'on peut y arriver. Bien entendu cette valeur médiane est accompagnée d'un indicateur de dispersion, par exemple l'écart-type. On peut par exemple avoir de bonnes raisons de penser que la consommation moyenne stable des mois précédents et son écart-type vont se maintenir le mois suivant. Il faut cependant prendre garde que ceci est une hypothèse qui devra être justifiée. On devra pour accepter une telle hypothèse, pouvoir affirmer qu'il n'y a pas de raison particulière pour que la consommation change dans la période à venir et, comme une preuve négative est toujours difficile, démontrer qu'il y a des raisons pour que la consommation ne change pas.

Autour de cette consommation (médiane prévisionnelle), il y a des milliers de raisons d'avoir une consommation d'une unité en plus ou en moins : prenons par exemple la consommation de clous par des menuisiers ; on sait qu'il y a 120 menuisiers à ravitailler et une consommation moyenne mensuelle de 120 000 unités ; chaque menuisier peut à n'importe quel moment aller plus ou moins vite selon la difficulté du travail, ou tordre un clou ou en mettre un de plus ou se reposer deux minutes, être en congé une journée, ou...

Chacune de ces raisons conduit à une consommation d'un ou plusieurs clous en plus ou en moins. Or on dispose d'un modèle mathématique qui correspond assez bien à une telle hypothèse. C'est la loi binomiale. Supposons que l'on jette une pièce de monnaie en l'air et compte 0 si elle tombe sur pile et 1 si elle tombe sur face et supposons que, très patient, on recommence cette expérience 240 000 fois. On totalisera pas loin de 120 000 pile à chaque fois si la pièce n'est pas truquée car elle tombera sur pile en moyenne une fois sur deux. Mais on n'obtiendra pas 120 000 exactement (ou au moins très rarement). La loi binomiale permet de calculer sur, par exemple 100 expériences, (à 120 000 fois chacune, cela prendrait un certain temps !) combien de fois en moyenne on obtiendrait un nombre compris entre 110 000 et 115 000 ou 115 001 et 120 000, etc.

Cette loi binomiale devrait nous permettre aussi bien, si nos hypothèses sont exactes, de représenter les variations de la consommation mensuelle de clous autour de 120 000 unités par mois si on admet l'hypothèse que l'on a toujours

autant de menuisiers, qu'ils travaillent toujours de la même façon, qu'il y a beaucoup de raisons pour qu'un menuisier consomme un clou de plus ou de moins, que ces raisons sont indépendantes les unes des autres, qu'elles ne dépendent pas non plus du nombre de clous déjà consommés, etc.

On peut donc modéliser ces consommations de clous avec une loi binomiale et plus généralement, on peut admettre que le fait d'avoir beaucoup de raisons de consommer ou de ne pas consommer une unité supplémentaire permettra de représenter le phénomène avec une loi binomiale pour laquelle le paramètre *n* est grand[1]. Mais la loi binomiale n'est pas simple à utiliser. Aussi les statisticiens proposent-ils d'utiliser à la place une autre loi appelée « loi normale » qui est plus facile à manipuler. La statistique nous fournit alors :

– les moyens de vérifier à partir des consommations passées qu'elles se répartissent bien selon une loi normale,

– la possibilité de reconstituer la variable aléatoire de cette consommation répondant à une loi normale si l'on connaît la moyenne et l'écart-type[2],

– la possibilité (sur laquelle on reviendra) de déterminer le nombre d'écarts-types qui représente un pourcentage donné de la distribution.

On sait par exemple que 2,33 écarts-types au-delà de la moyenne représentent toujours 99 % des consommations possibles. Si l'écart-type est de 30 unités, 30 × 2,33 = 70 unités est la consommation maximale au-delà de la moyenne dans 99 % des cas. Soit encore s'il s'agit de consommations mensuelles répondant à une loi normale, sur 100 mois, soit 8 ans et 4 mois, il n'y aura en moyenne qu'un seul mois où l'on aura une consommation supérieure de 70 unités à la moyenne. Si on ne connaît pas cette répartition, mais si l'on sait que ces consommations répondent à une loi normale (ce qui est le cas), de moyenne 97,5 et d'écart-type 30, on peut calculer facilement qu'avec un stock en début de mois de 97,5 + (2,33 × 30) = 167 unités, on n'aura pas une consommation mensuelle supérieure à 167 dans 99 % des mois et avec 97,5 + (1,65 × 30) = 147 unités, on n'aura pas une consommation mensuelle supérieure à 147 dans 95 % des mois. On a donc le moyen de passer du couple « moyenne – écart-type » à une politique de gestion des stocks comme si on disposait de la variable aléatoire complète.

La figure 5.4 donne une représentation de la fonction de la loi normale de moyenne 97,5 et d'écart-type 30.

$$y(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \times 30} e^{-\frac{(x-97{,}5)^2}{2 \times 30^2}}$$

La formule est un peu compliquée mais parfaitement inutile car on va pouvoir s'en passer.

Ce n'est pas exactement la même distribution que celle de la figure 5.1, mais c'en est une bonne approximation.

1. La loi binomiale est caractérisée par deux paramètres *n* et *p*. *n* est, dans le cas de lancers de pièces, le nombre de lancers et *p* la probabilité d'obtenir *pile* à chaque lancer (0,5 si la pièce n'est pas truquée).
2. On peut aussi bien utiliser l'écart absolu moyen (EAM) car on peut démontrer que s'il s'agit d'une distribution normale (mais c'est une condition importante), l'écart-type est égal à 1,25 EAM.

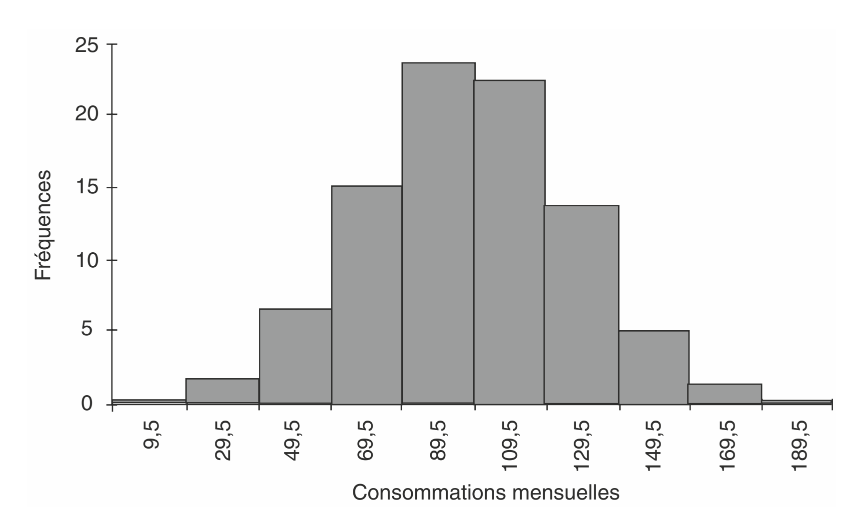


Figure 5.4 – Distribution des consommations.

5.4.2 Conditions d'utilisation de la loi normale et de la loi de Poisson

Un point important est de s'assurer que la consommation de chaque article est bien modélisable par une loi normale. Il existe des méthodes statistiques simples à cet effet.

On peut cependant avoir des indices que la consommation d'un article ne répond pas à une loi normale. Si par exemple, l'écart-type est très fort, on peut avoir des doutes...

On peut aussi faire le même raisonnement que celui qui nous a servi de point de départ. Pour qu'une variable x soit distribuée normalement, il faut que les conditions ci-dessous, connues sous le nom des « conditions de Borel » soient remplies :

• *Les facteurs de variation de x sont nombreux*. Cela signifie qu'il doit y avoir beaucoup de raisons pour qu'une unité supplémentaire d'un article soit consommée ou ne le soit pas : nombreux utilisateurs ayant de nombreuses raisons de modifier leur consommation pendant la période de temps considérée.

• *Les fluctuations dues aux différents facteurs sont indépendantes*. Il ne faudrait pas que les consommateurs de cette population aient tous ensemble des changements de comportements dues à des facteurs communs : modes, changements de consommation dus à la météo, etc.

• *Les fluctuations peuvent être distribuées suivant des lois quelconques mais dont les premiers moments existent*. Il suffit en pratique que la fréquence des très grandes fluctuations soit suffisamment faible.

• *Les fluctuations dues aux différents facteurs sont du même ordre de grandeur*. On démontre qu'il suffit pour cela que la fluctuation due à un facteur particulier soit petite vis-à-vis de la fluctuation totale. Il faut avoir éliminé les facteurs importants comme les variations saisonnières ou les tendances qui joueront sur la prévision globale mais non sur le type de variation que l'on essaie d'appréhender à travers la loi normale.

Il résulte de ces conditions que la loi normale est quasiment inapplicable si l'on n'a qu'un très petit nombre de clients ou encore si les fluctuations s'expliquent par quelques causes dont les effets ne sont pas indépendants mais par exemple proportionnels à la valeur de la consommation (effets du nombre d'heures travaillées pendant un mois, etc.).

Il y a d'autres cas où la loi normale ne s'applique pas (ou pas très bien) et il faut trouver une autre loi : supposons qu'il y ait beaucoup de raisons qu'un événement se produise mais que la probabilité de chacune soit très faible ; par exemple la probabilité de casser une pièce d'une machine peut être relativement faible et si l'on n'a pas beaucoup de machines de ce type, la moyenne des consommations de cette pièce sera faible, disons quelques unités par mois.

Si avec une loi binomiale la probabilité p est faible, le produit $m = np$ est de l'ordre de quelques unités (m étant la moyenne) et l'on peut représenter la distribution de cette consommation avec une loi de Poisson qui constitue une bonne approximation de la loi binomiale. On devrait donc pouvoir utiliser la loi de Poisson comme un bon modèle de la consommation d'un article en stock si il y a :

– beaucoup de consommateurs,

– beaucoup de raisons pour qu'il y ait des petites variations indépendantes les unes des autres,

– une consommation de quelques unités du produit dans l'unité de temps.

La loi de Poisson présente alors un grand avantage. Son écart-type est égal à la racine carrée de la moyenne. Donc si l'on a de bonnes raisons de penser que la consommation d'un article peut être représentée par une loi de Poisson et si on connaît la moyenne des consommations, disons 3 par mois par exemple, on connaît aussi son écart-type qui est alors de $\sqrt{3} = 1{,}732$. À partir de là, la loi de Poisson est entièrement déterminée et permet de constituer une variable aléatoire (figure 5.5).

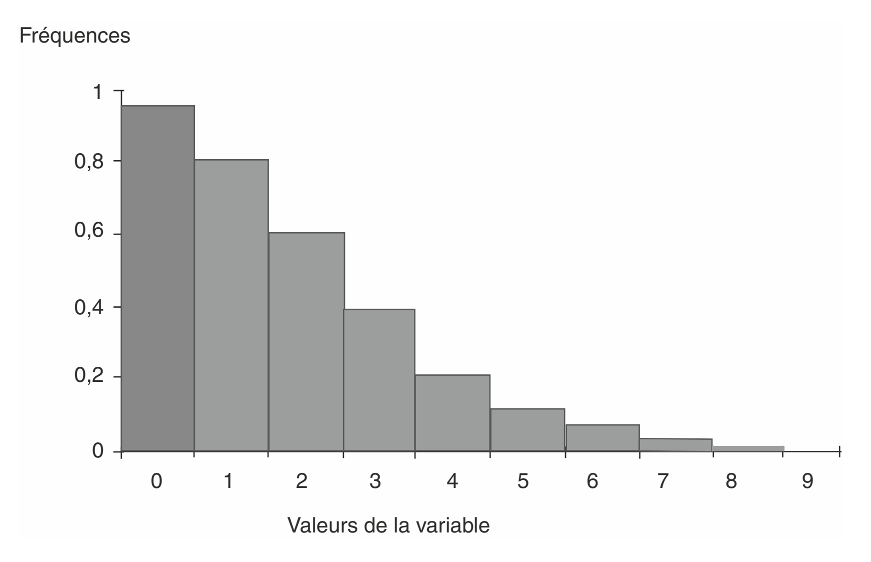


Figure 5.5 – Exemple de distribution de Poisson de moyenne 3.

B

LOGISTIQUE DES FLUX ET DES STOCKS

Un cas particulier est celui pour lequel la consommation moyenne n'est pas d'une unité à chaque sortie mais d'un certain nombre : bougies de moteur automobile, pièces utilisées par deux, etc. On peut alors avoir une loi de Poisson dite en grappe : la « grappe » est la quantité demandée lors de chaque sortie. L'écart-type en grappes est alors égal à la racine de la moyenne en grappes ; par exemple avec une grappe de 4, une sortie moyenne de 16 unités pendant une période, soit quatre grappes aura un écart-type de huit, soit deux grappes.

5.4.3 Utilisation des tables de la loi normale et de la loi de Poisson

Connaissant la moyenne et l'écart-type d'une distribution normale, cette distribution est entièrement déterminée. À chaque seuil de probabilité que l'on peut choisir, une table de la fonction intégrale nous donne le nombre *k* par lequel il faut multiplier l'écart-type pour que la consommation soit inférieure à ce seuil ou « taux de service » (tableau 5.4).

Tableau 5.4 – Détermination du taux de service avec une distribution normale

Taux de service (en %)	k
50	0
60	0,25
70	0,52
80	0,84
90	1,28
95	1,65
96	1,75
97	1,88
98	2,05
99	2,33
99,5	2,58
99,9	3,09

Avec un taux de service de 50 % et une moyenne de consommation mensuelle de 100, on a une chance sur deux (50 %) que la consommation soit inférieure à la moyenne. C'est une des caractéristiques de base de la loi normale, caractéristique qu'on ne retrouve pas toujours dans les phénomènes étudiés.

Avec un taux de service de 60 %, une moyenne de consommation mensuelle de 100 et un écart-type de 20, on a 60 chances sur 100 que la consommation soit inférieure à la moyenne + 0,25 écart-type, soit à 100 + 5 = 105. Si donc l'on a en début de mois un stock de 105 et si l'on n'est pas réapprovisionné

en cours de mois, on a 60 chances sur 100 de ne pas tomber en rupture de stock dans le mois qui vient.

Avec un taux de service de 99 %, une moyenne de consommation mensuelle de 100 et un écart-type de 20, on a 99 chances sur 100 que la consommation soit inférieure à la moyenne + 2,33 écarts-types, soit 100 + 47 = 147. Si donc l'on a en début de mois un stock de 147 et que l'on n'est pas réapprovisionné en cours de mois, on a 99 chances sur 100 de ne pas tomber en rupture de stock dans le mois qui vient. Si l'on continue cette politique pendant des périodes de 100 mois soit 8 ans et 4 mois, on ne tombera en rupture de stock qu'une fois en moyenne par période.

Pour la loi de Poisson, la détermination de la consommation « maximale » correspondant à un taux de service donné est encore plus simple puisque, connaissant la moyenne, on connaît immédiatement cette consommation (tableau 5.5).

Tableau 5.5 – Taux de service avec la loi de Poisson

Moyenne	Taux de services						
	0,60	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99	0,999
1	1	2	2	3	3	4	5
2	2	3	4	4	5	6	8
3	3	4	5	6	7	8	9
4	4	6	7	7	8	9	11
5	5	7	8	9	10	10	13
6	6	8	9	10	11	12	14
7	7	9	10	11	13	13	16

Avec une consommation représentée par une distribution de Poisson de moyenne 3, on a 95 chances sur 100 (ou un peu plus) de ne pas dépasser une consommation de 6 pendant la période (voir sur l'application de la loi de Poisson à la gestion des pièces de rechange, chapitre 13).

5.5 Analyse diachronique

5.5.1 Variations de consommation dues à des tendances de longue durée

On notera que si elle est exprimée en valeur, la série chronologique que l'on utilise peut être biaisée par la hausse ou la baisse des prix. Il faut alors utiliser une technique de « déflatage » pour effacer ce facteur. Il est d'ailleurs plus simple, chaque fois que cela est possible, d'établir des prévisions quantitatives qui éliminent cet effet.

■ Tendances dues au cycle de vie d'un produit

□ Produit de nature commerciale

On analyse classiquement le cycle de vie d'un produit commercial en plusieurs étapes. Sur l'exemple de la figure 5.6, on peut distinguer 3 phases :

– une phase de lancement relativement lente,
– une phase de croissance rapide,
– une phase de saturation du marché et de légère décroissance.

Bien entendu, un autre produit pourra avoir une courbe de cycle de vie assez différente.

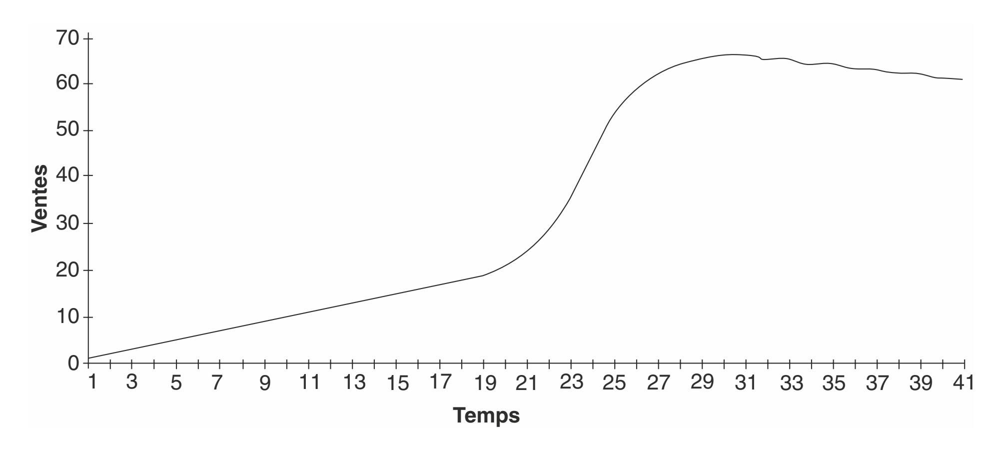


Figure 5.6 – Cycle de vie d'un produit commercial.

La difficulté pour le prévisionniste est qu'il est difficile de faire une prévision à partir d'un simple examen de l'historique et des méthodes classiques d'analyse de tendance par régression linéaire. Si la croissance de la première période est lente, il verra apparaître une tendance représentée par la première flèche du même graphique sur la figure 5.7. Mais il serait très dangereux de se fier à cette tendance car dès que le produit entre dans sa deuxième période, il va se trouver en rupture de stock comme le montre le schéma. Après correction par détermination d'une tendance plus accusée, il risque de se retrouver en sur-stock lors du passage à la troisième période lorsqu'on atteint le « seuil de saturation ».

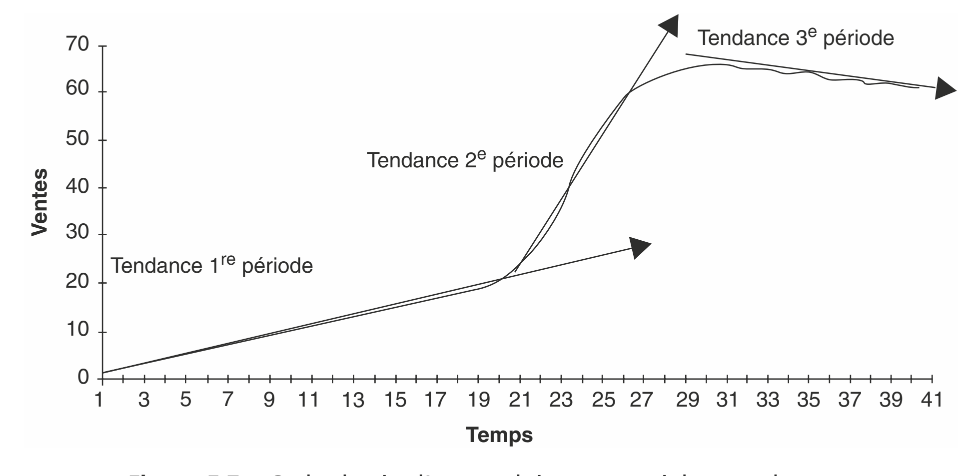


Figure 5.7 – Cycle de vie d'un produit commercial et tendances.

Certains progiciels de prévision permettent dans un tel cas de projeter sur la période de lancement d'un article un profil type obtenu par l'analyse du lancement d'un article similaire. La projection peut parfois ensuite varier en fonction des premiers résultats obtenus. Ainsi dans la mode, c'est à partir des résultats des ventes obtenus pendant la ou les premières semaines de vente d'un nouveau modèle ou de couleurs différentes que l'on peut prévoir les ventes totales des différents modèles et des différents coloris. Il faut parfois distinguer selon que le lancement se fait à quantité constante ou à quantité variable. Le lancement est à quantité constante si, pendant la période de lancement, on ne peut écouler que le stock prévu à cet effet ; il est à quantité variable si, pendant la même période, on peut éventuellement augmenter la production pour répondre à une demande plus importante. Les spécialistes de la prévision commerciale ont mis au point des modèles plus sophistiqués permettant de mathématiser cette courbe « en S ». Ainsi en est-il du modèle de Gompertz ou du « modèle logistique ». Ils demandent cependant l'un et l'autre d'évaluer le seuil de saturation ce qui est toujours délicat[1].

On peut à partir de cet exemple attirer l'attention sur les problèmes que l'on peut rencontrer dans la gestion de tels articles avec des progiciels classiques de gestion des stocks. On est alors dans un domaine où hommes – et femmes – de marketing et logisticiens doivent travailler ensemble pour tenter de suivre le cycle de vie au plus près.

☐ **Les biseaux**

En début de vie d'un produit technique entièrement nouveau, on n'a par définition aucun historique de telle sorte qu'il faut demander aux techniciens ou commerciaux de préciser leur évaluation des consommations des premières périodes. S'ils peuvent fournir une moyenne prévisionnelle de consommation pour chacune des premières périodes de consommation, il est peu probable qu'ils soient en mesure de fournir un écart-type. On pourra essayer de l'extrapoler à partir d'un produit voisin ou utiliser la formule $\sigma = Am^r$ où A est un paramètre dépendant des unités de mesure et r un coefficient d'élasticité qui peuvent être déterminés sur les articles de la même famille (Bourbonnais *et al.*, 1995).

Le problème se complique lorsqu'un article ancien est remplacé par un nouveau. L'idéal est que l'on puisse attendre l'épuisement du stock de l'ancien pour commencer à distribuer le nouveau. En pratique l'on doit assez souvent envisager de diffuser les deux dans le même temps en réalisant ce qu'on appelle parfois un « biseau » (figure 5.8). Cependant comme le nouvel article présente le plus souvent des avantages par rapport au précédent (coût plus faible ou fonctionnalités plus intéressantes), il y a toute une gestion à organiser pour mettre en place le nouveau produit par zone géographique ou segment de clientèle sans risquer de conserver des stocks inutilisables de l'ancien produit.

La fin de vie d'un produit non remplacé demande une gestion programmée chaque fois qu'il s'agit d'un équipement technique demandant un soutien technique permanent. Le remplacement progressif d'un parc entraîne un flux de

1. Voir sur ces problèmes de prévision des ventes : Bourbonnais *et al.*, 1992.

récupération d'équipements et de pièces encore utilisables. Il serait dommage de ne pas réutiliser ces pièces pour la maintenance des équipements subsistants. On peut donc avoir intérêt à renoncer à réparer les pièces sur les équipements encore en service et à les remplacer par des pièces récupérées en bon état. Il peut cependant être plus avantageux de revendre ces équipements ou ces pièces à des « brokers ». Ces reventes sont source de profit et peuvent aussi servir à soutenir des politiques commerciales. Ainsi Deutsche Telekom donne assez souvent les équipements qu'elle dépose en Allemagne à des opérateurs des pays de l'Est de façon à développer avec eux des liens de partenariat à long terme.

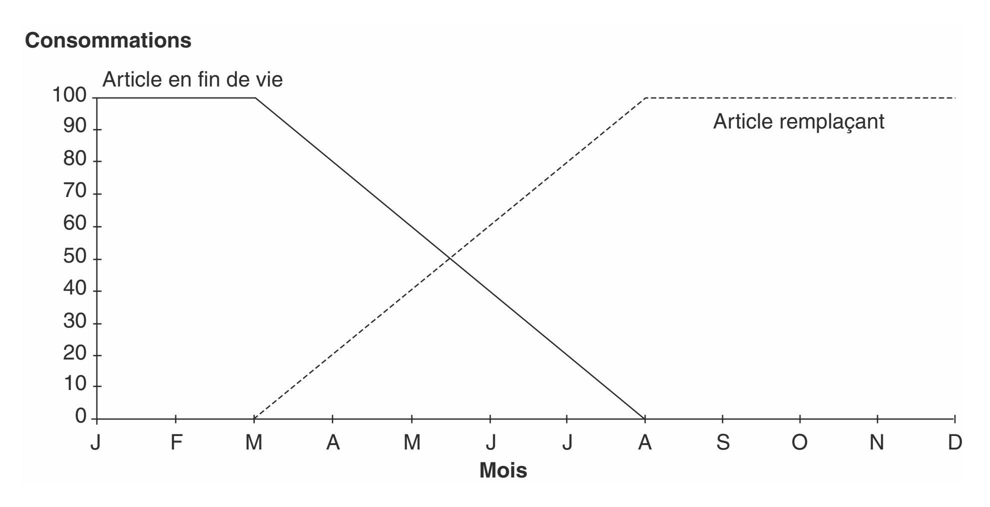


Figure 5.8 – Biseau de remplacement d'un article.

À côté de la gestion logistique classique, on voit se développer une gestion technique des équipements permettant de préparer leurs débuts de vie et leurs fins de vie, qu'il s'agisse d'équipements utilisés dans l'entreprise ou d'équipements produits par l'entreprise et qui pourront éventuellement être repris dans le cadre de la vente d'équipements plus modernes. Auprès de chaque responsable technique d'un produit de ce type, il y a donc place pour un assistant logistique dont la mission consiste :

– en début de vie, à programmer le soutien logistique du nouveau produit,

– en fin de vie à prévoir, en fonction du plan d'évolution du ou des parcs concernés, la récupération des matériels et le soutien des équipements encore opérationnels.

C'est là une fonction essentielle à assurer chaque fois que l'importance des équipements le justifie.

5.5.2 Variations saisonnières

Les variations saisonnières sont aussi importantes que difficiles à analyser.

Certaines peuvent être déduites des conditions de l'activité. Par exemple on peut souvent présumer que la production d'un produit au cours d'un mois sera

modifiée selon le nombre de jours ouvrables et la présence de « ponts ». Une différence de deux jours ouvrables entre deux mois représente une variation de l'ordre de grandeur de 10 % qui n'est donc pas négligeable. Certains systèmes de prévisions permettent de réaliser une correction semi-automatique des moyennes de consommations en fonction de ces données. Il est possible aussi de tenir compte de ce facteur dans les prévisions des mois à venir.

Les fermetures ou interruptions de production ou de vente pour congés ou chômage technique peuvent être prévues. La détermination des autres variations saisonnières par des méthodes endogènes est, elle, particulièrement difficile. Toutes les méthodes consistent en effet à partir des consommations des années précédentes, à éliminer les tendances et les variations exceptionnelles identifiables (B.5.5.3) pour analyser les résidus de variations, mois par mois. La moyenne des résidus du même mois sur cinq ans permet ensuite de calculer une variation saisonnière additive ou multiplicative. Il est rare cependant que l'on dispose de cinq ans d'historique. Beaucoup de systèmes de gestion des stocks ne conservent que deux ans d'historique ce qui ne permet pas, sauf exception, de calculer une variation saisonnière raisonnablement fiable. Dans certains systèmes, on détermine donc a priori par une analyse particulière sur cinq ans des profils saisonniers par grande catégories d'articles et l'on applique ces profils à chacun des articles de la catégorie sans analyse particulière.

De toute façon, il est indispensable, chaque fois qu'on a analysé une variation saisonnière, d'en comprendre la ou les causes par une enquête sur le terrain. C'est la seule condition pour ne pas se laisser abuser par des variations aléatoires ou par des changements de variations saisonnières (influence de la météorologie, de manifestations saisonnières, etc.). Même dans le domaine technique, ces variations saisonnières peuvent être particulièrement importantes : voir par exemple dans l'analyse de la gestion des pièces de rechanges, le problème de la saisonnalité des réparations de cartes électroniques (C.14.2.5).

Sur les méthodes d'analyse des variations saisonnières, on se reportera, là encore, à un ouvrage de statistique sur l'analyse des séries chronologiques.

5.5.3 Aléas

Après avoir analysé tendances et variations saisonnières, il est bien évident qu'il reste encore des différences entre les consommations observées d'un produit et les valeurs déterminées à l'issue des calculs précédents de modélisation. Ces différences sont les *aléas* (du mot latin *alea* : les dés, qui manifeste bien le rôle du hasard).

Mais ces aléas peuvent être de plusieurs sortes :

– consommations exceptionnelles que l'on ne saurait prévoir et qu'il aurait mieux valu éliminer de l'historique avant même de commencer les calculs (sauf si l'on pense qu'elles peuvent se répéter avec suffisamment de régularité) ;

– aléas stochastiques dus à l'intervention du hasard (B.5.4.1) ;

– effets accidentels des ruptures de stocks que l'on ne peut toujours éviter et qui provoquent des turbulences dans la chronologie des consommations.

■ Consommations exceptionnelles

Il s'agit de consommations exceptionnellement fortes ou exceptionnellement faibles. Il peut arriver à un industriel de faire un jour une vente exceptionnelle : une exportation par exemple, un « contrat du siècle ». Il peut lui arriver aussi de ne rien vendre à la suite d'une grève, d'un incident de fabrication ou d'un problème de qualité sur tout un lot de fabrication. Des phénomènes particuliers peuvent venir à certains moments perturber la régularité des consommations : ruptures de stock, promotion commerciale, modification de prix, actions de la concurrence, actions publicitaires, ventes exceptionnelles par exemple à l'étranger, etc.

Tous ces incidents heureux ou fâcheux se traduisent par des valeurs de consommation exceptionnelles en dessous ou en dessus de la moyenne corrigée des variations saisonnières. Peut-on en tenir compte dans les prévisions ? Oui et non. Oui, car il serait dangereux de ne pas prévoir grèves, incendies, pannes ou contrats exceptionnels. Non, car il ne faut pas que ces événements exceptionnels viennent perturber les prévisions de l'activité « normale ». Sans en perdre de vue le risque et s'en prémunir (par des assurances, des études de maintenance préventive, une politique de communication sociale, etc.), il faut donc les éliminer de l'historique avant même de traiter statistiquement cet historique. À cet égard le présent paragraphe devrait donc se situer plutôt avant l'analyse des tendances et des variations saisonnières. À la différence des aléas stochastiques, ce ne sont donc pas normalement des résidus mais des corrections apportées avant traitement statistique.

La difficulté est de les repérer. On peut tenter de les détecter par un procédé automatique : il existe un certain nombre de méthodes bien qu'aucune ne donne entière satisfaction (Bourbonnais *et al.*, 1992) :

– la méthode de l'intervalle de confiance qui consiste à identifier toutes les valeurs supérieures ou inférieures à un intervalle de confiance ;

– la méthode de Grubbs qui suppose elle aussi que les consommations répondent à une loi normale ;

– la méthode du double intervalle de confiance, annuel mensuel par exemple (à partir du calcul de la moyenne et de l'écart-type pour tous les mêmes mois des années précédentes). Elle suppose bien entendu que l'on dispose de plusieurs années d'historique.

On notera que le plus souvent un tel phénomène n'affecte pas un seul produit mais plusieurs. Une campagne de promotion d'un produit entraîne normalement une augmentation de la vente de ce produit et une diminution de la vente d'autres produits de substitution. Il arrive même parfois que l'excédent de vente du nouveau produit ne compense pas la diminution de vente des produits habituels de telle sorte que l'effet global de la promotion peut être négatif.

Toutes les méthodes précédentes permettent de repérer que la consommation totale de la période unitaire, la consommation mensuelle ou hebdomadaire par exemple, est anormale. Elles ne permettent pas de repérer la ou les raisons qui sont à l'origine de cette anomalie. On pourrait bien entendu utiliser les mêmes méthodes sur les consommations élémentaires mais cela est rarement prévu. Il serait cependant utile qu'un progiciel de gestion des stocks ou de gestion des ventes analyse en permanence les consommations élémentaires

(en mettant à jour la moyenne et éventuellement l'écart-type par lissage exponentiel) de façon à signaler au gestionnaire de stock ou au gestionnaire des ventes les consommations qui sortent d'une fourchette liée à un intervalle de confiance. Cela permettrait de détecter éventuellement des erreurs avant que des quantités exceptionnellement élevées ne soient mises en fabrication ou livrées.

Une rupture de stock est un phénomène fâcheux par ses conséquences directes : pertes de ventes, pertes éventuelles d'un client, arrêt de production, etc. Mais c'est aussi un phénomène qui va produire des « turbulences » dans la consommation d'un produit. En effet, si l'on examine les effets d'une rupture de stock au sein d'une entreprise (et non pas par rapport à une clientèle commerciale), une rupture de stock a généralement les conséquences suivantes sur la consommation (figure 5.9) :

– interruption de la consommation pendant la durée de la rupture de stock ;

– consommation accrue, sauf exceptions, après la fin de la rupture de stock d'une part car les consommateurs qui n'ont pas pu s'approvisionner ailleurs, rattrapent leur diminution de consommation et d'autre part car un certain nombre d'entre eux vont « faire des provisions » pour éviter une éventuelle nouvelle rupture de stock. Cet accroissement de la consommation peut porter non seulement sur l'article en rupture mais sur une ou plusieurs catégories d'articles ;

– diminution de la consommation quand la confiance se rétablit et que les consommateurs consomment leurs propres stocks ;

– retour progressif à la normale avec parfois des variations qui ne s'amortissent que lentement.

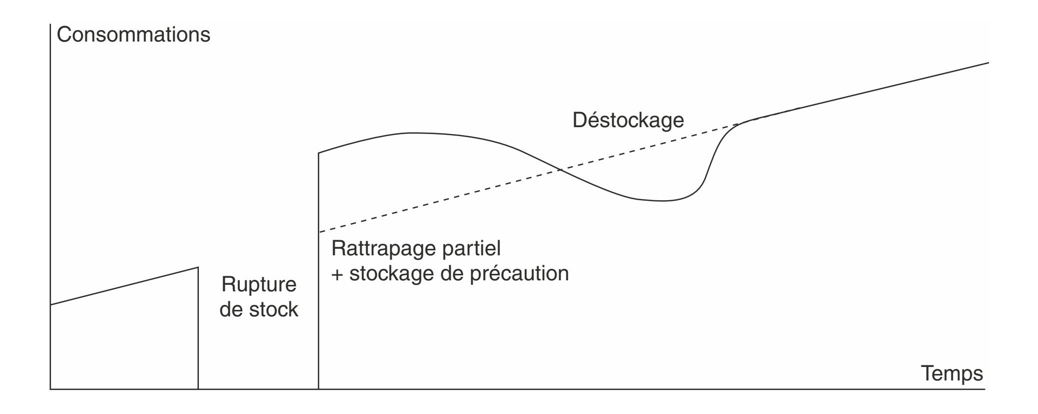


Figure 5.9 – Effets d'une rupture de stock sur la consommation.

Une promotion commerciale va le plus souvent provoquer une augmentation de la consommation suivie d'une réduction de la consommation compensant partiellement l'augmentation due à la promotion.

Une action d'un concurrent peut avoir l'effet inverse.

Il est donc nécessaire pour chaque consommation exceptionnellement faible ou exceptionnellement importante :

– De repérer ces variations de consommation, soit automatiquement, soit en examinant les différences entre prévisions et réalisations. Il faut ensuite trouver l'explication de ces divergences ; ce sera le plus souvent en interrogeant les chefs de produits, responsables commerciaux, vendeurs, etc. Il est même indispensable que ceux-ci puissent annoncer cet aléa à l'avance chaque fois qu'ils en ont connaissance : campagne de publicité, changement de prix, etc.

– De corriger les séries statistiques de ces variations qui risquent de perturber le modèle. Des méthodes de correction automatique des valeurs anormales permettent de remplacer les valeurs détectées par la valeur prévue (moyenne par exemple) ou par la valeur haute ou basse selon le cas de la fourchette de comparaison. Cela peut être dangereux et il est toujours préférable que le gestionnaire se livre à une enquête pour connaître la raison de cette anomalie et corriger en connaissance de cause.

– De garder une trace de ces incidents pour retrouver ultérieurement l'origine et l'importance de ces variations. Certains systèmes de prévision proposent des blocs-notes à cet effet.

– De tenir compte dans les prévisions de ces aléas lorsqu'on peut les prévoir à court terme, en reportant sur la consommation prévue, les effets d'aléas de même amplitude et de même nature constatés dans le passé. Le système doit pouvoir les projeter sur les consommations futures en tenant compte bien entendu des tendances et variations saisonnières au moment où cet aléa va se réaliser.

■ Aléas stochastiques : le stock de sécurité

□ Pourquoi un stock de sécurité ?

Si l'on connaît à l'avance la consommation d'un stock pour une période à venir, on n'a nul besoin de stock de sécurité. Il en est de même si l'on est capable d'approvisionner le matériel nécessaire dans un délai moindre que le préavis de consommation. Dans ces deux cas, on sait, ou l'on saura, exactement ce dont on aura besoin sans erreurs et en temps utile. Le problème ne se pose que si la prévision peut être entachée d'une erreur, le plus souvent quand elle résulte d'une extrapolation du passé avec une technique de prévision plus ou moins sophistiquée.

Supposons que l'on soit capable de prévoir la consommation d'un article pendant une période de temps, par exemple 100 unités pour le mois à venir. En fait, nous ne sommes certains que d'une chose, c'est que sa consommation réelle ne sera pas de 100. Nous ne sommes d'ailleurs même pas certain de cela car elle pourrait l'être mais c'est très improbable. Nous n'en sommes pas à ce degré de précision. Notre prévision sera donc entachée d'une erreur. Il convient alors de prévoir cette erreur en conservant un stock supplémentaire qui nous couvrira le plus souvent de cette erreur ou plus exactement de cette variation de la consommation par rapport à la prévision. Il ne nous couvrira pas dans tous les cas car cela signifierait que nous sommes capables de prévoir tous les cas.

Un certain nombre de manuels expliquent que le problème du stock de sécurité est tout à fait analogue à celui de la quantité à commander. Dans ce dernier

cas, il convient de trouver un point d'équilibre entre un coût d'approvisionnement et un coût de stock. En ce qui concerne le stock de sécurité, il s'agirait de trouver un point d'équilibre entre un coût de stockage supplémentaire (celui du stock de sécurité) et le coût des ruptures de stock. La formule de Wilson pourrait donc s'appliquer de la même façon. Mais dans le cas présent, on va se heurter aux mêmes difficultés. Personne ne nie que la rupture de stock n'ait un coût et même un coût important. Or on a vu que pour pourvoir l'utiliser, il faudrait remplir trois conditions :

– que la fonction de coût soit connue,

– que cette fonction soit continue,

– qu'elle soit dérivable.

Or le coût de rupture de stock n'est généralement pas connu ; la fonction correspondante n'est certainement pas continue pas plus que ne l'était le coût d'approvisionnement, et il est douteux qu'elle soit généralement dérivable car la dépense supplémentaire de l'augmentation du stock coïncide rarement avec l'économie procurée par la diminution symétrique (Riveline, 1987).

Il convient donc de déterminer quel stock de sécurité on va ajouter à notre prévision de consommation pour ne pas être trop souvent en rupture de stock.

☐ **Calcul du stock de sécurité : principe général**

On a vu (B.5.2.5) que si l'on disposait, comme prévision de consommation, d'une variable aléatoire, on était capable de calculer une consommation prévisionnelle maximale à un certain seuil de probabilité, appelé dans ce cas « taux de service ». On a vu (B.5.4.3) que si l'on savait caractériser une consommation prévisionnelle par une loi normale avec deux paramètres (moyenne et écart-type), il était possible de la même façon de déterminer une consommation prévisionnelle maximale en fonction d'un taux de service.

La différence entre la moyenne et cette consommation prévisionnelle maximale représente la quantité maximale à ce taux de service qui pourra être consommée pendant la période unitaire au-delà de la « valeur moyenne prévue ».

Supposons que l'on soit en réapprovisionnement sur point de commande avec un point de commande fixé à 100. On fixe le stock de sécurité à 40 et l'on se situe au moment où le stock tombe juste en dessous du point de commande. Pour simplifier admettons que le délai de livraison soit égal à la période unitaire, soit 1 mois. La consommation mensuelle moyenne prévisible est de 60. On a représenté sur la figure 5.10, quatre hypothèses de consommation.

Dans l'hypothèse 1, la consommation est exactement ce qu'on a prévu (60) et au moment où arrivera le réapprovisionnement en fin de délai de réapprovisionnement, le stock sera à 40. Le stock de sécurité n'aura servi à rien.

Dans l'hypothèse 2, la consommation est inférieure à la moyenne prévue (par exemple 45), il restera en fin de délai de réapprovisionnement 55 unités et le stock de sécurité n'aura toujours pas servi.

Dans l'hypothèse 3, la consommation aura été de 100 en 3 semaines et on se trouvera en rupture de stock avant l'arrivée du réapprovisionnement. Le stock de sécurité n'aura pas été suffisant pour se protéger d'une consommation tout à fait exceptionnelle.

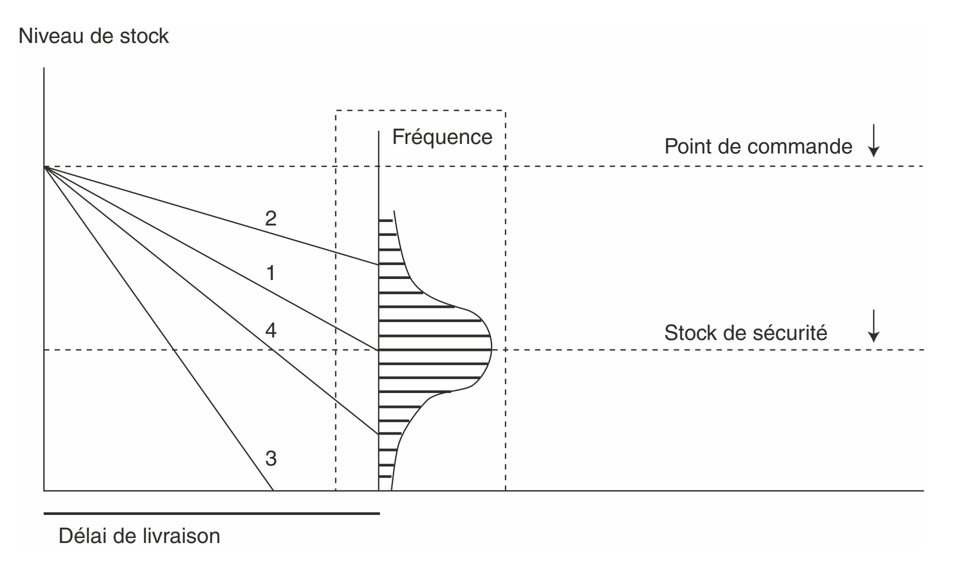


Figure 5.10 – Quatre hypothèses de consommation.

Dans l'hypothèse 4, la consommation aura été de 85 et il restera 15 au moment de l'arrivée du réapprovisionnement. Le stock de sécurité a joué son rôle en protégeant d'une consommation « normalement » plus forte que la moyenne.

On a aussi représenté dans le rectangle vertical les fréquences des différentes situations du stock au moment de l'arrivée du réapprovisionnement (ou ce qui revient au même les fréquences des différentes consommations pendant ce délai de réapprovisionnement). Ces fréquences sont dans ce cas conforme à une loi normale, c'est-à-dire :

– que l'on a autant de chances d'être en dessus qu'en dessous de la moyenne et donc du stock de sécurité à la fin de cette période,

– qu'il est plus probable que la consommation aura une valeur proche de la moyenne plutôt qu'une valeur extrême,

– que si l'on a choisi le stock de sécurité comme la différence entre la consommation moyenne prévisionnelle et la consommation maximale au taux de service de 95 %, on aura 95 chances sur 100 de ne pas être en rupture de stock au moment de l'arrivée du réapprovisionnement.

Dans ce cas le stock de sécurité peut être calculé simplement par la formule suivante :

$$SS = 1{,}65 \times \sigma$$

où σ est l'écart-type de la loi normale modélisant cette consommation et 1,65 est le coefficient k correspondant à un taux de service de 0,95 (voir tableau 5.4, B.5.4.3).

Dans le cas où l'on ne réapprovisionne pas sur point de commande mais à période fixe, il est évident que le stock de sécurité ne doit pas protéger seulement pendant le délai de réapprovisionnement mais pendant tout le cycle de gestion de l'article (période fixe entre deux lancements de commande). Le

stock de sécurité sera en général sensiblement plus élevé dans le cas d'un réapprovisionnement à période fixe que dans le cas d'un réapprovisionnement sur point de commande.

Le niveau du stock de sécurité n'est donc pas proportionnel au taux de service mais au coefficient *k* ; or ce coefficient augmente très vite lorsqu'on atteint des valeurs élevées du taux de service comme le montre la figure 5.11.

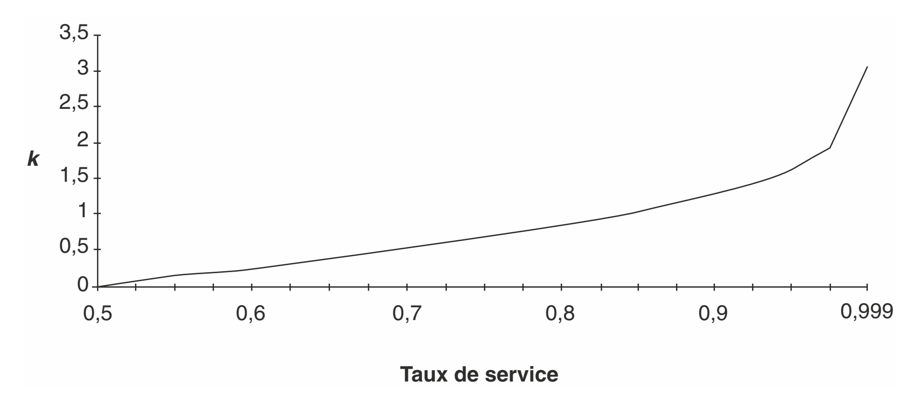


Figure 5.11 – Variations de *k* en fonction du taux de service.

☐ **Comment tenir compte du délai de réapprovisionnement ?**

Le problème se pose dans le cas d'un réapprovisionnement sur point de commande (ou du délai de cycle dans le cas d'un réapprovisionnement à période fixe).

La formule précédente est valable lorsque le délai de réapprovisionnement est égal à la période unitaire. En effet la moyenne et l'écart-type sont ceux de la période unitaire (mensuelle par exemple). Or le plus souvent le délai de réapprovisionnement est différent de cette période unitaire. La moyenne pendant le délai de réapprovisionnement est proportionnelle à ce délai : si, par exemple, la période unitaire est le mois, si la moyenne est de 100, si le délai de réapprovisionnement est de un demi-mois, la moyenne des consommations pendant ce délai de réapprovisionnement sera de la moitié de 100, soit 50. C'est ce qui nous permet de calculer facilement le point de commande *PC* :

$$PC = \frac{m \times d}{p} + SS$$

où *m* est la moyenne pendant la période unitaire *p*, *d* le délai de réapprovisionnement et *SS* le stock de sécurité. Dans l'exemple, $m = 100$, $d = 0,5$ et $p = 1$.

Donc, plus simplement :

$$PC = m \times d + SS$$

en prenant la précaution d'exprimer *d* dans la même unité que la période unitaire.

Mais pour calculer le stock de sécurité, il nous faut connaître l'écart-type pendant le délai de réapprovisionnement. Or l'écart-type n'est pas proportion-

nel au délai ; c'est la variance, soit le carré de l'écart-type, qui est proportionnelle au délai :

$$\sigma_d^2 = d \times \sigma_p^2$$

ou ce qui revient au même :

$$\sigma_d = \sigma_p \times \sqrt{d}$$

Il en résulte que :

$$SS = k \times \sigma \times \sqrt{d}$$

où σ est l'écart-type de la consommation pendant la période unitaire, d le délai de réapprovisionnement pour un système de réapprovisionnement sur point de commande ou l'intervalle entre deux réapprovisionnements dans un système de réapprovisionnement à période fixe.

Attention : beaucoup de gestionnaires de stock ont du mal à comprendre que la racine d'un nombre plus petit que 1 est un nombre plus grand que le nombre lui même : $\sqrt{0{,}5} = 0{,}7$ et $\sqrt{0{,}2} = 0{,}44$.

Compte tenu de la progression rapide de k quand on augmente le taux de service et qu'on ne peut modifier ce coefficient k, on ne peut diminuer le stock de sécurité qu'en jouant sur σ ou sur d. On verra au paragraphe suivant comment l'on peut jouer sur σ mais il faut noter que l'on peut assez souvent jouer sur d en passant des commandes plus fréquentes après négociation avec le fournisseur. Ce sera un des grands objectifs du juste-à-temps. Sur la figure 5.12, la courbe du dessus correspond au niveau du stock en jours de consommation avec un certain délai et la courbe du dessous, le niveau de stock avec un délai réduit. La différence verticale entre les deux courbes montre les gains de niveau de stock que l'on peut faire à taux de service équivalent.

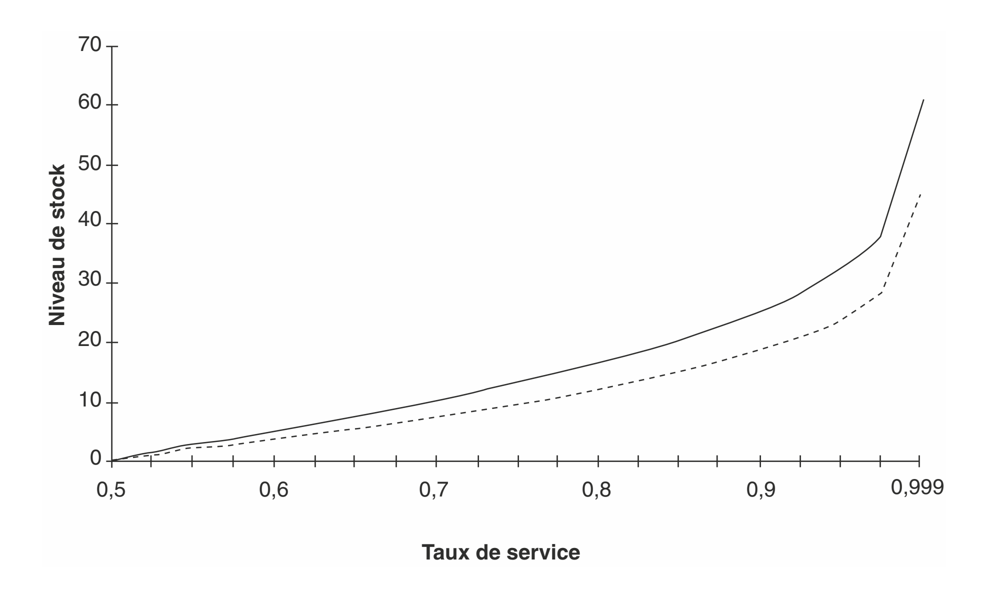


Figure 5.12– Niveau de stock et taux de service.

Évolution du stock de sécurité quand on réduit le nombre de magasins

Beaucoup d'organisations logistiques sont multi-magasins. On gère un certain nombre de magasins, et donc de stocks, répartis sur l'ensemble du territoire. Chaque stock a son propre stock de sécurité calculé à partir des consommations de ce stock. La tendance actuelle est à réduire le nombre de ces magasins afin de réduire les coûts logistiques même si on conserve une plate-forme de répartition sans stock. On réduit ainsi les frais de fonctionnement de chaque magasin et particulièrement le stock global. Il est donc intéressant de voir comment évolue le stock global quand on réduit le nombre des magasins.

Supposons que l'on ait dix magasins et qu'on les regroupe en un seul. Le stock de sécurité global était de :

$$\sum_1^{10} (k \times \sigma_n \times \sqrt{d})$$

avec k et d communs à tous les magasins n.

Le nouveau stock de sécurité sera de :

$$SS_u = k \times \sigma_u \times \sqrt{d}$$

avec u pour le magasin unique.

En supposant pour simplifier l'exemple que les dix magasins avaient la même moyenne de consommation avec le même écart-type :

$$\sigma_u = \sigma_n \times \sqrt{10} \text{ d'où } SS_u = k \times \sigma_n \times \sqrt{10d}$$

On mesure immédiatement l'économie que l'on fait sur le stock de sécurité en réduisant le nombre n des magasins, économie grossièrement proportionnelle à $(n - \sqrt{n})/n$ (figure 5.13).

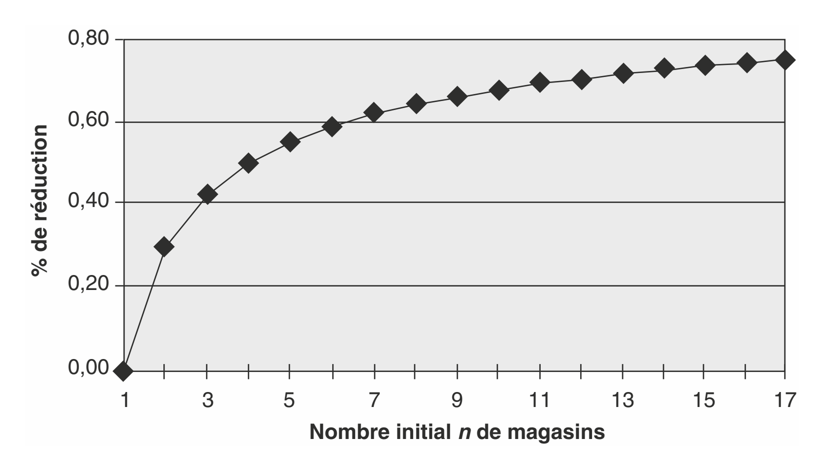


Figure 5.13 – Pourcentage de réduction du stock de sécurité en fonction du nombre de magasins.

Détermination du taux de service

La détermination du taux de service est une responsabilité importante car le niveau du stock de sécurité en dépend directement. Les facteurs à prendre en compte sont nombreux :

• *Catégorie A, B ou C de l'article*. On pense parfois qu'un article A, dont le volume de consommation est important doit avoir un taux de service élevé de façon à garantir une bonne qualité de service pour la plus grande partie du stock. C'est oublier que cette qualité de service est assurée par un stock d'autant plus élevé que le taux de service est plus fort et cela plus que proportionnellement. Or il existe une autre possibilité d'assurer une bonne qualité de service avec un stock réduit, c'est de surveiller l'évolution de cet article au jour le jour. Il est vrai qu'un article dont la consommation suit une loi normale a une chance sur deux d'entamer son stock de sécurité pendant la période de réapprovisionnement (réapprovisionnement sur point de commande). Mais dès qu'il a commencé d'entamer son stock de sécurité la probabilité d'une rupture de stock est évidemment plus forte que la probabilité initiale au moment du lancement de la commande. Le gestionnaire de stock a souvent alors la possibilité de se dépanner en urgence auprès de son fournisseur ou d'un autre gestionnaire de stock. Plus généralement chaque fois qu'il constatera une augmentation inopinée de la consommation, il pourra simuler l'évolution et prendre des mesures adéquates à condition de surveiller très régulièrement (en pratique quotidiennement) ces articles. Cela est possible car ces articles A ou même B sont peu nombreux. L'expérience montre que des articles A peuvent parfois être gérés sans ruptures de stock avec un taux de service de 60 % au prix d'une surveillance permanente et de procédures de réapprovisionnement en urgence pas trop onéreuses.

• *Essentialité de l'article*. C'est un indicateur de la gravité d'une rupture de stock. À défaut de pouvoir évaluer financièrement le coût d'une rupture de stock, ce qui est le plus souvent impossible, il est possible d'affecter à chaque article un indicateur d'essentialité qui dépend bien entendu du type d'activité concernée. Plus l'essentialité d'un article est élevée et plus il convient d'utiliser un taux de service important afin de se protéger de la rupture de stock, sauf comme dans le cas précédent à mettre en place une procédure d'approvisionnement d'urgence et à suivre en permanence l'évolution de cet article.

• *Variabilité de la consommation*. En pratique on peut avoir une idée de la variabilité de la consommation d'un article en exprimant l'écart-type ou l'EAM de sa consommation en consommation par unité de temps. Un article dont la consommation a un écart-type élevé peut appartenir à trois catégories.

Ce peut être un article de faible consommation qui répond plutôt à une loi de Poisson qu'à une loi normale. Dans ce cas en effet l'écart-type est égal à la racine de la moyenne, soit 1 pour une consommation de 1 (rapport 1), 1,4 pour une consommation de 2 (rapport 0,7), 1,7 pour une consommation de 3 (rapport 0,6), etc. Le stock de sécurité risque d'être élevé mais ces articles par définition ont des consommations faibles et ont besoin d'un stock de sécurité élevé : on peut donc calculer normalement leur stock de sécurité.

Ce peut être un article pour lequel certaines consommations aberrantes sont apparues, entraînant ainsi une variabilité excessive. Par exemple pour un article géré mensuellement, une erreur d'unité a été commise le dernier jour du mois et rectifiée le lendemain sur le mois suivant. La consommation des deux mois est fortement perturbé et il convient de rectifier l'historique. Une variabilité importante est souvent un bon indicateur d'une erreur. Ce peut être aussi

le fait d'une consommation exceptionnelle dont on n'a aucune raison de chercher à se protéger en permanence.

Ce peut être enfin un article dont la consommation est irrégulière par nature. Elle ne répond pas à une loi normale ni à une loi de Poisson et probablement à aucune loi. Un stock de sécurité important calculé à partir de cet écart-type n'apporte aucune garantie de protection et il est vain de vouloir se protéger par ce moyen. Il faut alors mettre en place si c'est possible une procédure pour être prévenu à l'avance de tels besoins et n'avoir pas à stocker dans ce cas...

À partir de ces quelques principes, il est possible de bâtir des normes de paramétrage pour aider le gestionnaire de stock à choisir un taux de service approprié. Par exemple le tableau 5.6 est utilisé pour certains types d'articles gérés en stock dans une grande entreprise ayant des activités relativement irrégulières[1] :

Tableau 5.6

	Taux de service (*k*)		
Si la valeur EAM est comprise entre :	**Article A ou B**	**Article C**	**Article stratégique**
0 et 0,25 mois	95 % (2,06)	99 % (2,91)	99 % (2,91)
0,26 et 0,6 mois	90 % (1,6)	95 % (2,06)	99 % (2,91)
au-delà	• Vérifier consommation mensuelle et valeur EAM • Si ces valeurs sont correctes voir observations*.		

* Observations. Si la valeur EAM exprimée en mois est plus grande que 0,6 :
– Si la consommation mensuelle moyenne est petite (de 1 à 5 unités par mois), utilisez le taux *k* comme si la valeur EAM était comprise entre 0,26 et 0,6 mois.
– Si la consommation mensuelle moyenne est plus importante, cherchez à savoir pourquoi cette consommation subit de telles variations, etc.

☐ Le stock de sécurité doit-il protéger des retards de livraison des fournisseurs ?

Une autre cause de rupture de stock est le retard des fournisseurs à livrer les commandes. Beaucoup de gestionnaires de stock considèrent que le stock de sécurité doit *aussi* les protéger contre ce risque. On pourrait supposer que le délai de livraison peut être représenté par une loi normale dont la moyenne serait le délai contractuel et l'écart-type exprimerait la tendance d'un fournisseur à livrer en retard un type d'article. En réalité un tel modèle est injustifiable. Les délais de livraison ne peuvent être symétriques autour de la moyenne et il n'y a pas suffisamment de causes de retard pour expliquer la normalité du phénomène. On sera donc le plus souvent incapable d'évaluer le stock de sécurité qui serait nécessaire pour se protéger d'un tel risque.

1. Les valeurs du coefficient *k* mises entre parenthèse sont calculées pour un EAM et non un écart-type. Comme on considère que si la consommation répond à une loi normale, l'écart-type est égal à 1,25 EAM, les coefficients *k* correspondant à l'écart-type d'une loi normale ont été multipliés par 1,25.

La seule solution raisonnable est que les fournisseurs livrent dans les délais prévus. Il convient pour ce faire que les pénalités pour retard soient suffisamment élevées et soient mises en œuvre. Il appartient ensuite au fournisseur de se couvrir contre les risques de retard qu'il peut provoquer par exemple en gérant son stock de sécurité... La multiplication des stocks de sécurité amont et aval ne résout rien.

☐ **Stock de sécurité et stock d'alerte**

On ne doit pas confondre les notions de stock de sécurité et de stock d'alerte. On a vu ce qu'était le stock de sécurité. Le stock d'alerte est lui un niveau de stock qui, lorsqu'on l'atteint, va permettre d'alerter le gestionnaire de stock pour le prévenir que le stock se rapproche dangereusement de la rupture. C'est donc un niveau de stock fixé assez bas et qui, dans un système de gestion des stocks sur ordinateur, entraîne lorsqu'il est atteint l'émission d'un message vers le gestionnaire de stock. Une telle fonctionnalité peut être très utile pour des articles que le gestionnaire de stock ne suit pas tous les jours surtout s'il dispose d'une procédure de réapprovisionnement en urgence qu'il peut alors déclencher pour éviter la rupture de stock. La détermination du stock d'alerte dépend évidemment des possibilités de réapprovisionnement en urgence dont on dispose et des délais correspondants.

Certains progiciels utilisent le stock de sécurité comme un stock d'alerte, mais il faut se rappeler que l'on franchit le stock de sécurité en moyenne une fois sur deux en cours de réapprovisionnement. Cependant, si l'on a fixé un taux de service de 95 % pour fixer le stock de sécurité, cela ne veut pas dire que, lorsqu'on franchit le stock de sécurité, on a seulement 5 chances sur 100 de tomber en rupture de stock. Si on le franchit en début de période de réapprovisionnement, il est bien évident que l'on a une forte probabilité de rupture de stock. On pourrait d'ailleurs déterminer le taux de service correspondant à la situation dans laquelle on se trouve à n'importe quel moment compte tenu du temps restant jusqu'au réapprovisionnement et du stock de sécurité dont on dispose.

5.6 Progiciels et méthodes de prévision

5.6.1 Exemple de méthode : le lissage exponentiel

Le lissage exponentiel est une des méthodes les plus utilisées par beaucoup de progiciels de gestion des stocks ou de prévision. Ce n'est pas en soi une méthode de prévision puisqu'il repose sur les méthodes classiques d'analyse de série chronologique : modèle constant ou détermination de tendance et/ou analyse de variations saisonnières qui, au moins au moment de l'initialisation du lissage exponentiel, doivent être calculées par les méthodes traditionnelles. Il permet seulement de « lisser » à chaque période les valeurs nécessaires à ces analyses : moyenne, coefficient de tendance, coefficients saisonniers, écart absolu moyen.

Pour des raisons pédagogiques, on peut décomposer la méthode en quatre « modèles » différents :

– le modèle constant,

– le modèle à tendance,
– le modèle à variations saisonnières,
– le modèle à tendance et variations saisonnières.

En fait, comme on le verra, ce dernier modèle permet de traiter les trois autres en neutralisant certains paramètres et il est donc le seul que l'on utilise.

■ Modèle constant

On appellera « modèle constant » un modèle dans lequel la moyenne ne répond pas à une tendance de fond à la hausse ou à la baisse ni à des fluctuations saisonnières. Les fluctuations de la moyenne ne dépendent donc que de la variabilité de la consommation[1], variabilité mesurée par l'écart absolu moyen.

Le lissage exponentiel va consister à « lisser » la moyenne et l'écart absolu moyen d'une période à l'autre en tenant compte pour chacune à la fois des anciennes valeurs et de la dernière valeur enregistrée (mois précédent par exemple si la période est le mois).

Il peut être intéressant pour comprendre le lissage exponentiel de partir d'une autre méthode de lissage, la « moyenne mobile ».

Soit par exemple la série du tableau 5.7 :

Tableau 5.7 – Exemple de série de consommation

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M
84	94	103	125	142	106	90	116	70	97	63	110	89	89	110

Fin décembre, on pourra faire la moyenne des consommations mensuelles de l'année :

Total J + F + M + A + M + J + J + A + S + O + N + D = 1 200.

$$\text{Moyenne mobile} = \frac{1\ 200}{12} = 100$$

Fin janvier, on pourra faire la moyenne mobile des consommations :

Total F + M + A + M + J + J + A + S + O + N + D + J = 1 200 – 84 + 89 = 1 205.

$$\text{Moyenne mobile} = \frac{1\ 200}{12} = 100{,}4$$

Fin février, on peut faire la moyenne mobile à cette date :

Total M + A + M + J + J + A + S + O + N + D + J + F = 12 05 – 94 + 89 = 1 200.

$$\text{Moyenne mobile} = \frac{1\ 200}{12} = 100$$

Fin mars, on peut faire la moyenne mobile à cette date :

Total A + M + J + J + A + S + O + N + D + J + F + M = 1 200 – 103 + 110 = 1 207.

$$\text{Moyenne mobile} = \frac{1\ 200}{12} = 100{,}6$$

etc.

1. On utilisera plutôt l'écart absolu moyen que l'écart-type, car l'écart absolu moyen pourra être lissé par lissage exponentiel sans difficultés, ce qui ne serait pas vrai pour l'écart-type.

Sur la figure 5.14, on voit comment la moyenne mobile « lisse » la consommation.

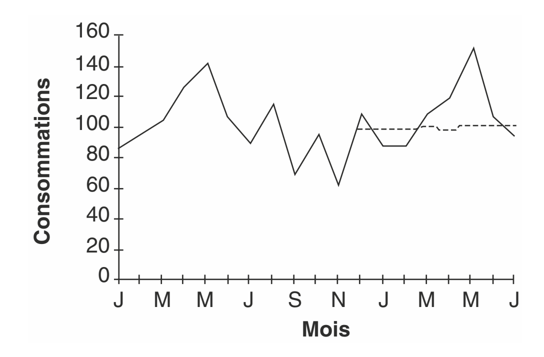


Figure 5.14 – Exemple de moyenne mobile.

La moyenne mobile est une méthode simple de lissage des variations. Elle permet, particulièrement lorsqu'on la pratique comme ci-dessus sur 12 mois, de lisser les variations saisonnières à périodicité annuelle. Elle accuse cependant alors un retard de 6 mois.

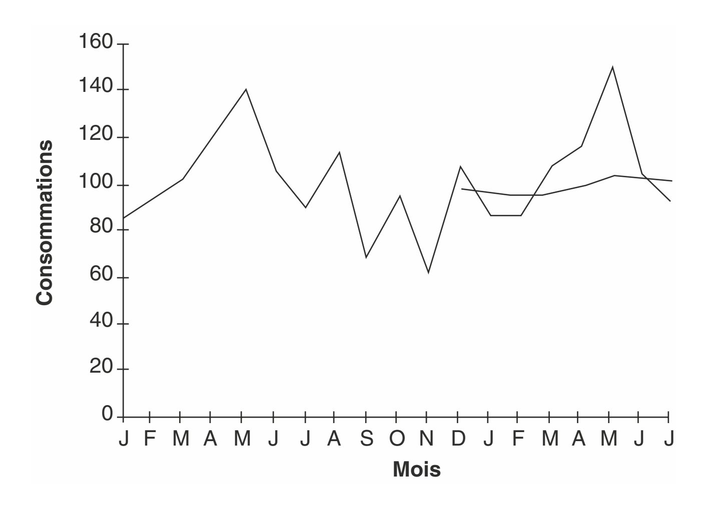


Figure 5.15 – Exemple de lissage exponentiel.

Le lissage exponentiel est une autre méthode pour lisser une valeur dans une série chronologique.

Reprenons la série chronologique du tableau 5.7.

En fin décembre, on pourra faire la moyenne des consommations mensuelles de l'année :

Total J + F + M + A + M + J + J + A + S + O + N + D = 1 200.

Moyenne = 1 200/12 = 100 = Initialisation du lissage exponentiel.

Fin janvier, on constate une consommation de 89 en janvier :

Lissage exponentiel : $(100 \times 0,9) + (89 \times 0,1) = 98,9$

Fin février, on constate une consommation de 89 en février :

Lissage exponentiel : $(98,9 \times 0,9) + (89 \times 0,1) = 98,9$

Fin mars, on constate une consommation de 110 en mars :

Lissage exponentiel : $(98,9 \times 0,9) + (110 \times 0,1) = 99,1$

etc.

Le lissage exponentiel est simplement une moyenne arithmétique de deux valeurs pondérées par deux coefficients dont la somme est de 1. La valeur ancienne représente le passé, on lui affecte d'ordinaire un poids plus fort que la valeur nouvelle ; d'où dans l'exemple précédent les poids 0,9 et 0,1.

En supposant que la période soit le mois, on a alors pour un mois *n*, un poids de :

0,100 pour ce mois,

0,090 pour le mois $n - 1$,

0,081 pour le mois $n - 2$,

0,073 pour le mois $n - 3$,

0,066 pour le mois $n - 4$,

etc.

À l'initialisation du lissage exponentiel et si on appelle « valeur de base » le résultat du lissage exponentiel sur la consommation, on prendra une première valeur de base calculée par une moyenne :

Valeur de base = Moyenne arithmétique des consommations sur *n* mois

Pour chacun des mois suivants (tableau 5.9) :

$$\textbf{Valeur de base}_{\text{du mois } M} = \textbf{Valeur de base}_{M-1} \times (\mathbf{1} - \alpha) + (\textbf{Consom}_M \times \alpha)$$

Si $\alpha = 0,1$:

$$\textbf{Valeur de base}_{\text{du mois } M} = \textbf{Valeur de base}_{M-1} \times \mathbf{0,9} + \textbf{Consom}_M \times \mathbf{0,1}$$

Tableau 5.8 – Exemple de lissage exponentiel d'une série

Mois	Consommation	Valeur base M – 1 x 0,9	Consommation x 0,1	Nouvelle valeur base
A				1 000
M	1 200	900	120	1 020
J	800	918	80	998
J	900	898	90	988
A	1 000	889	100	989
etc.				

B

LOGISTIQUE DES FLUX ET DES STOCKS

La consommation étant stable, la valeur de base l'est aussi (figure 5.16).

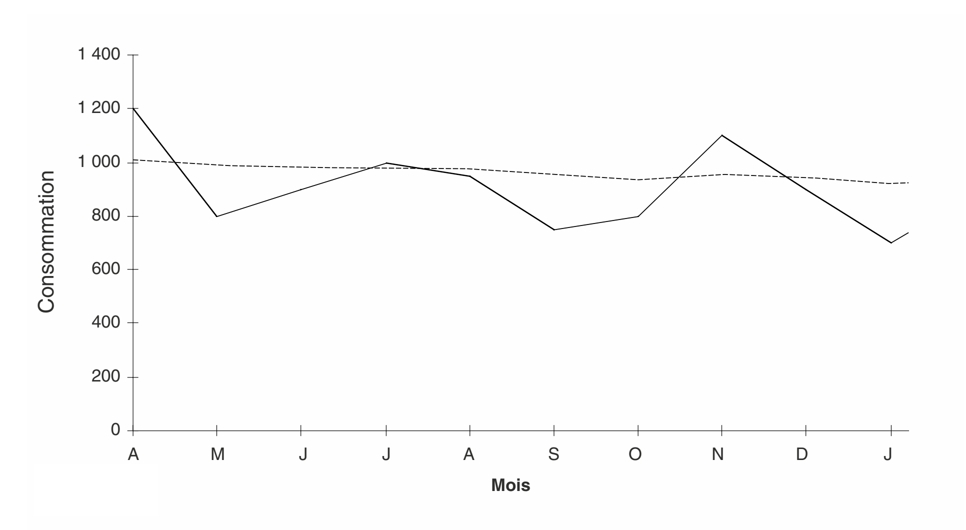


Figure 5.16 – Consommation et valeur de base avec un modèle constant.

De la même façon, on peut lisser l'écart absolu moyen. On voit donc que, dans le modèle constant de la figure 5.16, les valeurs lissées dans l'historique ne sont pas constantes. Elles suivent l'évolution de la série statistique avec un certain temps de retard déterminé par le poids respectif des deux coefficients : α et $1 - \alpha$. Dans l'exemple du tableau 5.8, elles ont une certaine tendance à la baisse.

Avec $\alpha = 0{,}1$, une nouvelle consommation, disons en janvier, aura un poids de 0,1 par rapport à la valeur ancienne en fin décembre. Le mois suivant (février) le poids de la consommation de janvier sera comme on l'a vu de $0{,}1 \times 0{,}9 = 0{,}09$. Le mois suivant (mars), le poids de janvier sera de $0{,}09 \times 0{,}9 = 0{,}08$ etc.

On peut modifier le coefficient α. Si l'on s'aperçoit qu'il y a une modification importante du niveau des consommations et qu'on estime qu'elle est durable, on peut, pour rattraper le nouveau niveau de consommation, utiliser un coefficient α plus faible, par exemple 0,5 et les nouvelles valeurs compteront autant que la valeur historique.

Certains systèmes utilisent des coefficients auto-adaptatifs qui se modifient en fonction de l'évolution des consommations.

■ Modèle à tendance

En supposant toujours que la période soit le mois, la prévision pour le mois suivant sera égale à la somme de deux valeurs :

– la valeur de base du mois en cours,

– une valeur de tendance qui représente l'augmentation (ou la diminution - valeur négative) mensuelle d'un modèle linéaire.

À l'initialisation du modèle, on calcule, par exemple par régression linéaire, une valeur de base égale à la valeur du dernier mois connu et une valeur de tendance, variation mensuelle.

Pour chacun des mois M :

$$\textbf{Valeur de base}_{\text{ mois } M} = \textbf{Prévision}_{\text{ mois M}} \times (1 - \alpha) + (\textbf{Consom}_M \text{ x } \alpha)$$

$$\textbf{Valeur de tendance}_{\text{ mois } M} = \textbf{Val de tend.}_{\text{ mois } M\text{-}1} \times (1 - \beta) + (\textbf{Val. base}_M - \textbf{Val. base}_{M-1}) \times \beta$$

Si $\alpha = 0{,}1$ et $\beta = 0{,}1$:

$$\textbf{Valeur de base}_{\text{ mois } M} = \textbf{Prévision}_{\text{ mois } M} \text{ x } 0{,}9 + \textbf{Consom}_M \times 0{,}1$$

$$\textbf{Valeur de tendance}_M = \textbf{Val de tend.}_{M-1} \times \textbf{0,9} + (\textbf{Val. base}_M - \textbf{Val. base}_{M-1}) \times 0{,}1$$

Dans l'exemple du tableau 5.9 et de la figure 5.17, on assiste à un changement de tendance en septembre, changement qui ne sera pris en compte que très progressivement par le lissage. Il faudrait donc modifier le coefficient β à partir des premiers mois d'évolution.

Tableau 5.9 – Exemple de lissage dans un modèle à tendance

Mois	Consommation	Prév. *M* x 0,9	Consommation *M* x 0,1	N[elle] Val. base	Val tend *M* – 1 x 0,9	Val b. *M* – Val. b *M* – 1	idem x 0,1	N[elle] Val. tendance	Prév. mois suivant
A				1 000				100	1 100
M	1 220	990	122	1 112	90	112	11,2	101	1 213
J	1 290	1 090	129	1 219	91	107	10,7	102	1 321
J	1 420	1 189	142	1 331	92	112	11,2	103	1 434
A	1 500	1 291	150	1 441	93	110	11	104	1 545
etc.									

Dans l'exemple du tableau 5.9 et de la figure 5.17, on assiste à un changement de tendance en septembre, changement qui ne sera pris en compte que très progressivement par le lissage. Il faudrait donc modifier le coefficient BETA à partir des premiers mois d'évolution.

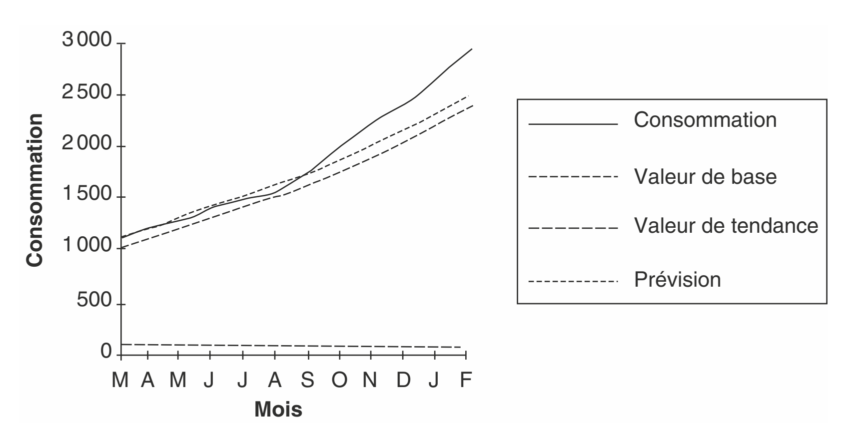


Figure 5.17 – Exemple de modèle à tendance.

■ Modèle à variations saisonnières

En supposant que la période soit toujours le mois, la prévision sera égale au *produit* :

– d'une valeur de base relativement constante mais lissée,

– par un coefficient mensuel de variation propre à chaque mois.

À l'initialisation, on détermine une première valeur de base par une moyenne et les coefficients mensuels selon les méthodes habituelles par comparaison des mois correspondants de 3 à 5 années à moins que, faute d'historique, on ne préfère appliquer un profil de variation saisonnière que l'on suppose convenable pour ce type de produit (tableau 5.10 et figure 5.18).

Tableau 5.10 – Exemple de lissage dans un modèle à variations saisonnières

Mois	Conso.	Indice *M*	Vb *M* – 1 x 0,9	(Conso. Ind. M) x 0,1	N^{elle} Val. base	Ind. *M* x 0,9	Conso. Val. base	idem x 0,1	Ind. *M* an proch.	Prévis. mois suiv.
M					1 150					
A	650	0,7	1 035	65	1 100	0,63	0,59	0,06	0,76	990
M	910	0,9	990	101	1 091	0,81	0,83	0,08	0,89	1 418
J	1 290	1,3	982	99	1 081	1,17	1,19	0,12	1,31	1 622
J	1 520	1,5	973	101	1 074	1,35	1,42	0,14	1,49	1 933
A	1 800	1,8	967	100	1 067	1,62	1,69	0,17	1,79	
etc.										

Pour chacun des mois suivants :

$$\textbf{Valeur de base}_{\text{mois } M} = \textbf{Valeur de base}_{M-1} \times (1 - \alpha) + (\textbf{Consom}_M / \textbf{Indice}_M) \times \alpha$$

$\textbf{Consom}_M / \textbf{Indice}_M$ représente la consommation désaisonnalisée.

Si $\alpha = 0{,}1$:

$$\textbf{Valeur de base}_{\text{mois } M} = \textbf{Valeur de base}_{M-1} \times 0{,}9 + (\textbf{Consom}_M / \textbf{Indice}_M) \times 0{,}1$$

Le nouvel indice mensuel doit être recalculé car il servira pour le même mois de l'année prochaine :

$$\textbf{Indice nouveau}_{M+12} = \textbf{Indice}_M \times (1 - \gamma) + (\textbf{Consom}_M / \textbf{Val.base}_M) \times \gamma$$

$\textbf{Consom}_M / \textbf{Val. base}_M$ représente le rapport entre la valeur de base et la consommation réelle, soit l'indice vrai du mois.

Si $\gamma = 0{,}1$:

$$\textbf{Indice nouveau}_{M+12} = \textbf{Indice}_M \times \textbf{0,9} + (\textbf{Consom}_M / \textbf{Val.base}_M) \times \textbf{0,1}$$

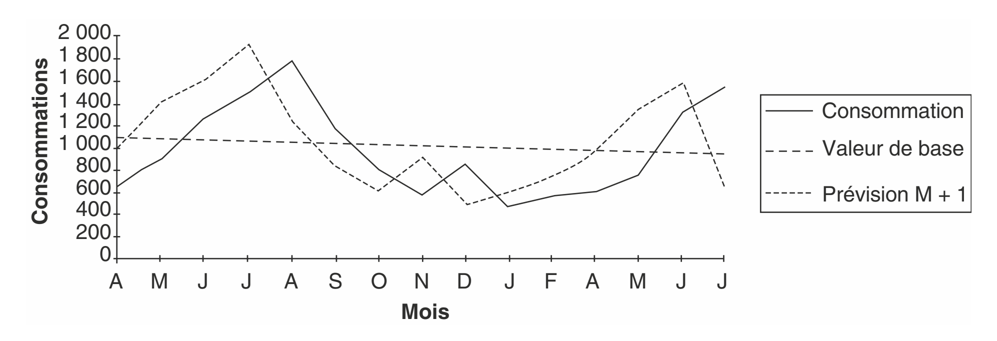


Figure 5.18 – Exemple de modèle à variations saisonières.

Modèle à tendance et variations saisonnières

C'est finalement le modèle unique qui, regroupant toutes les formules précédentes, peut après paramétrage devenir un modèle constant ou à tendance ou à variations saisonnière ou enfin un modèle à la fois à tendance et saisonnalité.

En supposant que la période soit toujours le mois,

$$\textbf{Prévision}_{\text{mois } M} = (\textbf{Valeur de base}_{M-1} + \textbf{Valeur de tendance}_{M-1})\ \textbf{Indice}_M$$

À l'initialisation, on calcule la valeur de base et la valeur de tendance par régression linéaire et les coefficients mensuels selon les méthodes habituelles par comparaison des mois correspondants de 3 à 5 années à moins que, faute d'historique, on ne préfère appliquer un profil de variation saisonnière que l'on suppose convenable pour ce type de produit.

Pour chacun des mois suivants :

$$\textbf{Valeur de base}_{\text{mois } M} = \{\textbf{Prévision}_M \times (\textbf{1} - \alpha) + (\textbf{Consom}_M / \textbf{Indice}_M) \times \alpha\}$$

Consom$_M$ **/Indice**$_M$ représente la consommation désaisonnalisée.

$$\textbf{Valeur de tendance}_M = \textbf{Val. tendance}_{M-1} \times (1 - \beta) + (\textbf{Val. base}_M - \textbf{Val. base}_{M-1}) \times \beta$$

Le nouvel indice mensuel doit être recalculé car il servira pour le même mois de l'année prochaine :

$$\textbf{Indice nouveau}_{M+12} = \textbf{Indice}\ _M \times (1 - \gamma) + (\textbf{Consom}_M\ \textbf{/Val. base}_M) \times \gamma$$

Si on met à 0 la valeur de tendance et à 1 les indices de saisonnalité, on est ramené à un modèle constant.

Si on met à 0 la valeur de tendance avec des indices de saisonnalité différents de 1, on est ramené à un modèle à saisonnalité.

Si on calcule une valeur de tendance et si l'on met à 1 les indices de saisonnalité, on est ramené à un modèle à tendance.

5.6.2 Choix d'une méthode

En pratique, on ne choisit plus une méthode de prévision mais un progiciel de statistique, un progiciel de gestion des stocks avec un module de prévision, un progiciel d'aide à la réalisation de prévisions ou encore un progiciel plus général de gestion logistique avec un module de prévision. Certains progiciels laissent un choix entre plusieurs méthodes ou demandent de paramétrer le modèle pour choisir une méthode comme dans l'exemple de lissage exponentiel vu ci-dessus et qui est assez classique. D'autres sont de véritables « boîtes noires » où l'utilisateur n'a pas accès aux formules utilisées même s'il peut les choisir ou les paramétrer.

Bien entendu certains modèles sont beaucoup plus sophistiqués que celui que l'on a analysé ci-dessus. Par exemple, beaucoup présentent des possibilités d'« auto-adaptation » des coefficients de lissage. La possibilité d'introduire des variables exogènes peut avoir son importance, etc.

En réalité, l'important est peut être moins dans le choix des formules plus ou moins sophistiquées que dans les facilités d'utilisation du progiciel avec ses possibilités de représentation graphique, ses possibilités de rapprochement de données de diverses origines, etc. On évoquera quelques unes de ces facilités (B.5.7.3). L'important n'est pas d'avoir le meilleur progiciel ou les méthodes les plus sophistiquées, mais d'avoir un progiciel que ses utilisateurs se sont bien appropriés à l'intérieur d'une organisation de prévision, organisation qui est probablement le facteur clef de succès.

Depuis quelques années, les principaux progiciels de prévision ont fait d'importants efforts pour faciliter une approche graphique de l'étude des séries chronologiques. Leur utilisation demande donc une certaine habitude du travail sur des représentations graphiques. Or des études relativement récentes de psychologie cognitive nous montrent que l'utilisation de tels outils n'est pas la même pour tous les individus. Certains ont des habitudes de travail intellectuel plutôt linéaire : ils sont plus à l'aise avec une expression écrite ou orale ou, en mathématiques, avec des formalisations ; d'autres privilégient plutôt les représentations graphiques. Ceux qui n'ont qu'un petit niveau de mathématiques et de statistiques accéderont plus facilement à la compréhension des phénomènes de prévision à partir d'une démarche graphique, que nous avons privilé-

giée dans cet ouvrage, à condition seulement d'avoir acquis, s'ils ne l'avaient pas à l'origine, une certaine familiarité avec ce type d'outil. Des pédagogies cognitives préalables à orientation graphique peuvent être extrêmement utiles pour la formation de gestionnaires de stocks, de logisticiens ou d'administrateurs des ventes.

5.7 Processus et organisation de la prévision de la demande et des besoins

5.7.1 La prévision, source de difficultés entre les services

On a vu au (B.5.3) que de nombreux services de l'entreprise étaient amenés à utiliser des prévisions.

Le danger est que chaque service de l'entreprise n'établisse ses propres prévisions à partir des informations dont il dispose. Une telle procédure est à l'origine de nombreux dysfonctionnements :

– lancement de produits sans concertation entre marketing, direction commerciale, acheteurs et logisticiens, absence de concertation conduisant à des actions de promotion alors que les produits ne sont pas en place ou le sont en quantité insuffisante ;

– sur-stocks dus à l'abandon de l'utilisation ou de la vente de certains produits ;

– ruptures de stocks dues à des décisions techniques non communiquées à la logistique : lancement de programmes exceptionnels, nouvelles techniques, etc. ;

– constatation de défaillances techniques sur un produit bloquant sa diffusion sans que les services d'approvisionnement en soient prévenus ;

– ventes par les services commerciaux de produits que l'entreprise n'a pas et ne peut avoir dans les délais auxquels elle s'engage et accumulation par ailleurs d'invendus ;

– besoins de maintenance ou d'exploitation non prévus lors de l'achat d'un équipement ;

– divergences entre les prévisions des uns et des autres.

Ces divergences représentent une source de conflits au sein d'une entreprise. Ainsi arrive-t-il souvent que le service marketing ou commercial prévoit des ventes importantes d'un produit pendant une certaine période (ventes saisonnières de Noël ou de la rentrée scolaire ou ventes liées à des actions de promotion). Le service d'approvisionnement doit alors passer les commandes ou faire lancer les ordres de fabrication correspondants. Mais il peut arriver que le volume des ventes ne réponde pas aux espérances des commerciaux. Ceci est fréquent lorsque les commerciaux établissent eux mêmes leurs prévisions de vente. Un commercial doit travailler en termes d'objectifs et être optimiste... Le logisticien instruit par plusieurs expériences de ce type finit par « censurer » les prévisions des commerciaux jusqu'au jour où elles se réalisent et intervient une rupture de stock en cours de campagne. Les deux services se trouvent alors en conflit.

Cette capacité des systèmes de prévision concurrents à générer des conflits se trouve renforcé par deux facteurs :

– Les prévisions et les décisions prises à partir de ces décisions ont des liens étroits avec les objectifs quantifiés des différents services. Ce sont donc des objectifs sensibles.

– La mise en place de systèmes informatiques dans les différents services a tendance à figer les différences de méthodes et de sources dans la préparation des prévisions. Le gestionnaire de stock va trouver dans son système de gestion des stocks une méthode de prévision endogène qu'il aura tendance à appliquer sans trop se poser de questions. L'homme de marketing va procéder à partir d'analyses de segments de marché et d'enquêtes formalisées une fois pour toutes. Le contrôleur de gestion va faire remonter les prévisions budgétaires des différents services. Si l'on n'y prend garde aucune cohérence ne sera établie entre les différents résultats obtenus ce qui, dans un domaine aussi sensible, ne peut conduire qu'à des conflits.

5.7.2 La prévision, organisation transverse

Dans beaucoup d'entreprises, cette situation de conflits latents conduit à réunir les représentants des différents services ou directions intéressées à la prévision en leur demandant de se mettre d'accord sur les prévisions avant qu'elles ne se réalisent. On réunit ainsi par exemple tous les mois des représentants du marketing, de la direction des ventes, de la logistique, du service achats et/ou de production et on ne les laisse sortir de la salle de réunion que lorsqu'ils sont prêts à cosigner des prévisions pour les trois mois suivants. À chaque réunion du groupe de prévision on examine la qualité des prévisions précédentes et l'on s'efforce de remédier aux causes d'erreurs constatées.

L'expérience montre cependant le plus souvent que les participants ne peuvent se mettre d'accord que s'il y a une certaine homogénéité dans les méthodes de prévisions. En effet si chacun arrive avec des prévisions établies par ses collaborateurs sans en connaître les méthodes d'établissement, chacun ne peut que camper sur ses positions. Il est donc nécessaire de disposer d'un ou plusieurs spécialistes de la prévision capable de proposer des méthodes standardisées, de les expliquer, de rassembler les données préalables disponibles et de les enrichir par les observations de chacun pour conduire le groupe à cette décision de prévisions communes. Le rattachement hiérarchique de l'organisateur de ces réunions et la position des experts en prévision n'a finalement qu'une importance secondaire. L'objectif est la recherche d'un consensus autour d'une méthode de prévision et des résultats de l'utilisation de ces méthodes. La prévision est ainsi par nature une organisation transverse.

Assez souvent cependant, le jeu complexe des conflits de pouvoirs au sein de l'entreprise conduit à créer un service de prévision rattaché à l'un ou à l'autre et qui a autorité pour établir les prévisions de l'entreprise. La mise en place de méthodes statistiques pour remplacer une procédure d'agrégation de prévisions « locales » est assez souvent l'argument utilisé pour justifier cette création d'un service spécialisé. Les promesses d'un progiciel aux capacités quasiment miraculeuses constituent un argument fort pour imposer une telle solution. L'absence de consensus, la rigidité statistique du spécialiste recruté

et parfois la difficulté de comprendre les méthodes utilisées ainsi qu'une coupure avec le terrain conduisent assez souvent à changer quelque temps plus tard le responsable de la prévision par un homme plus coopératif, capable de rétablir au moins partiellement le consensus indispensable et de s'appuyer sur un réseau d'observateurs du terrain.

Cette centralisation des prévisions a tendance a devenir internationale dans les entreprises qui procèdent à une répartition internationale de leurs fabrications entre les différentes usines. Ainsi la société 3M a créé un service central de prévisions au niveau européen. Les prévisions de ce service sont communiquées aux responsables des services de production et de logistique ainsi qu'aux chefs de produits qui peuvent apporter des corrections à ces prévisions. Dans d'autres entreprises, le projet international de prévision consiste à donner à chaque filiale le même outil de prévision et à centraliser ces résultats en principe homogènes.

Ce n'est pas une démarche simple pour les entreprises pour les entreprises de taille mondiale telle cette société leader mondial dans son marché qui fabrique des produits semi-finis essentiellement en pays *low cost* puis les produits finis dans des usines proches des marchés domestiques. Une frontière très solide sépare un amont industriel orienté vers la recherche des coûts bas, les effets volume dans une logique *push* et un aval occupé par les filiales commerciales organisées par pays soucieuses de répondre à une demande très diversifiée et avec une réactivité très élevée. Cette lacune d'intégration coopérative rend très difficile l'élaboration d'un système de prévision dont l'efficacité dépend de l'implication des filiales commerciales et dont le bénéfice principal concerne essentiellement les opérations industrielles amont pour optimiser les capacités disponibles. Le manque de collaboration entre le niveau industriel amont souvent global et le niveau commercial aval souvent local rend très difficile la mise en place d'un système de prévision efficace. Cette entreprise du CAC 40 s'y est reprise à 3 fois mais sans atteindre le niveau souhaité.

Une stratégie de plus en plus fréquente consiste à constituer la réalisation d'un système de prévision nationale ou internationale comme un projet d'entreprise. Le caractère informatique que prend parfois un tel projet facilite son organisation en projet avec chef de projet, objectifs chiffrés, budget, délais, organisation d'un comité de projet, etc. Une telle organisation est assez souvent une garantie de succès car un projet d'une telle importance ne peut plus échouer sans mettre en danger, au moins psychologiquement, la direction générale qui veille alors à ce qu'il soit mené à bien.

5.7.3 Consolidation, répartition et réconciliation

On a le plus souvent intérêt à recueillir pour chaque point de vente les données statistiques nécessaires pour la prévision, ce qui fait des bases de données de prévisions relativement volumineuses si l'on tient compte du nombre de produits et du nombre de mois d'historique dont on a besoin (au moins 36).

Il va de soi qu'il est ensuite nécessaire de procéder à des consolidations, mais qui peuvent être effectuées selon différents axes tant pour l'analyse du passé que pour l'établissement de prévisions en menant des analyses par :

– nature de produits pour la fabrication,

– fournisseurs ou catégories de fournisseurs pour les politiques d'achat,

– région, zone géographique, pays, continents,

– distributeur,

– poids ou volumes pour la logistique, etc.

Mais pour la prévision elle-même, il est souvent indispensable de recouper les consolidations effectuées avec des prévisions globales issues de l'analyse des marchés, des budgets de vente ou de production, ou des résultats de modèles économétriques exogènes. Il faut alors procéder à des réconciliations entre ces deux approches à deux niveaux différents.

De la même façon, certaines données donnent lieu à prévisions à un niveau agrégé et il faut ensuite répartir ces prévisions entre les différents articles élémentaires à partir de profils de répartition qui peuvent être de simples pourcentages mais peuvent aussi tenir compte de tendances et/ou de variations saisonnières. Les systèmes informatiques de prévision doivent donc offrir une très grande souplesse pour effectuer toutes ces opérations indispensables de consolidation, répartition et réconciliation.

5.7.4 Mesure de la qualité de la prévision

Il paraît naturel de mesurer en permanence la qualité de la prévision réalisée. Une mesure classique consiste pour chaque prévision à calculer le ratio :

$$IQP_i = \frac{F_i}{X_i}$$

où IQP est l'indice de la qualité de prévision, F la valeur de la prévision et X la valeur de la réalisation.

Cependant si l'on agrège les ratios concernant plusieurs articles ou les ratios successifs dans le temps pour un même article en en faisant une moyenne, les erreurs en plus et en moins auront tendance à se compenser, faussant ainsi les résultats.

On retient donc plutôt comme toujours lorsqu'il s'agit de mesurer des écarts :

$$IQP_i = \frac{|X_i - F_i|}{X_i} \times 100$$

On prendra garde qu'il existe une certaine différence conceptuelle entre la mesure de la variabilité d'une consommation et la mesure de la qualité de la prévision relative à cette consommation, même si ces deux mesures s'effectuent avec le même outil. Dans le premier cas, on mesure une caractéristique propre de la consommation d'un produit analysée à travers un historique ; dans le deuxième cas, on mesure la qualité du travail du prévisionniste ou de ses outils.

Si l'on veut suivre l'erreur de prévision de mois en mois, on peut lisser cette valeur en lissant l'écart absolu et la réalisation avec un coefficient de lissage ; on peut aussi calculer l'erreur quadratique moyenne sur un nombre de mois correspondant à un ou plusieurs cycles (12 mois glissants par exemple) :

$$IQP_i = \frac{\sum_{i=1}^{i=T} (X_i - F_i)^2}{T}$$

L'important est en effet moins de mesurer la prévision que de suivre cette mesure et d'en tirer des conséquences. Ainsi toute réalisation qui sort des limites normales d'une prévision antérieure doit être examinée. On pourra donc comparer les valeurs des moyennes des réalisations de chaque période avec les valeurs correspondant à un certain nombre d'écarts-types, par exemple 1,65 au seuil de 95 %, si l'on considère que ces écarts sont régis par une loi normale. Ce sont les méthodes évoquées à propos du repérage automatique des consommations exceptionnelles. Le travail du prévisionniste devient ainsi pour une grande part une analyse par exception.

Un autre aspect de ces mesures de la qualité de prévision consiste à sensibiliser ceux qui font des prévisions à la qualité de leurs prévisions en espérant ainsi une amélioration progressive. C'est une méthode classique lorsque l'on confie à des opérationnels, proches du terrain, le soin d'effectuer leurs propres prévisions. On entre alors dans le domaine des facteurs humains de la prévision et c'est peut être là le problème le plus délicat.

5.7.5 Facteurs humains de la prévision

Opération transverse par nature, la prévision est d'abord un problème humain :

– les méthodes statistiques de prévision sont très souvent mal comprises, particulièrement par ceux qui ont la plus faible culture mathématique, par exemple les gestionnaires de stocks ou les commerciaux ;

– comme on l'a vu, les commerciaux, qui sont les plus proches des clients, sont souvent de mauvais prévisionnistes ;

– les méthodes statistiques de prévision ne servent à rien si l'on n'est pas capable d'expliquer les phénomènes constatés ;

– il y aura toujours des difficultés de prévision de vente de nouveaux produits et l'incertitude conduit souvent soit à des pénuries importantes (le produit marche), soit à des sur-stocks importants (le produit ne marche pas) ; quel que soit le résultat, commerciaux et logisticiens se renverront la balle en s'accusant mutuellement.

Comme cela a été mentionné, le contexte organisationnel souvent fragmenté et multidimensionnel (maille géographique, *business units* produits, fonctions *corporate* centrales) rend l'exercice de la prévision difficile. C'est pourquoi il est essentiel de définir un propriétaire du processus de prévision (*process owner*) qui définira les règles du jeu et coordonnera les interfaces fonctionnelles, géographiques et sectorielles comme l'ont montré d'autres auteurs (Dornier, Fender, 2007). C'est souvent le *supply chain manager* ou le responsable logistique qui assurera cette responsabilité.

5.8 Prévision coopérative entre entreprises

5.8.1 ECR et prévision coopérative

Il existe un paradoxe naturel dans la prévision des besoins pour la grande distribution. C'est le fournisseur qui est le plus intéressé à réaliser une prévision exacte qui va lui permettre non seulement de prévoir ses livraisons (DRP), mais aussi d'organiser ses programmes de production (MRP). Or, ce sont les distributeurs qui disposent des informations sur les ventes réelles mais surtout sur les promotions qu'ils envisagent de réaliser par établissement. Les informations obtenues aux caisses enregistreuses sont importantes car elles seules peuvent donner une image exacte de la demande réelle et de son évolution, image fortement déformée lorsqu'on ne connaît que les livraisons aux plates-formes du distributeur. Le producteur pourrait cependant faire des prévisions à peu près convenables avec ces données biaisées, compte tenu des faibles délais qui séparent désormais les approvisionnements des plates-formes et les ventes finales. En revanche, les promotions bloquent le système car elles entraînent des modifications importantes des ventes, variables aussi bien dans le temps (dates de début de promotions) que dans les modalités, l'intensité et les résultats d'un site à l'autre. Par exemple, beaucoup de ruptures en linéaires résultent des promotions. Or, les promotions représentent une part de plus en plus importante des ventes. Il y a donc là une complémentarité nécessaire entre producteurs et distributeurs et donc un besoin de coopération cependant difficile à mettre en œuvre car elle s'inscrit dans un contexte de relations commerciales où chaque producteur est en concurrence avec tous les autres et doit rechercher une collaboration avec tous les distributeurs.

La prévision coopérative est donc une procédure permettant à des entreprises participant à la même *supply-chain* d'échanger des données pour améliorer la prévision.

Elle peut se réaliser :

– entre fournisseurs de matières premières et de composants et producteurs : on peut ainsi imaginer des relations privilégiées entre aciéries et fabricants d'automobiles pour déterminer ensemble, d'une façon ou d'une autre, des programmes de prévision de besoins à moyen ou à court terme, même si l'ensemblier automobile est généralement le mieux placé pour établir de telles prévisions ;

– entre fabricants et distributeurs, et c'est là le domaine privilégié de cette prévision collaborative.

Elle peut prendre des modalités différentes selon la répartition des fonctions entre les uns et les autres.

L'élaboration des prévisions de vente peut être le fait du fabricant qui communique ses prévisions au distributeur. Celles-ci pourront être révisées par le distributeur avant d'être transformées en commandes fermes, et c'est désormais une attitude presque classique dans le cadre de la gestion partagée des approvisionnements (GPA, appelée encore dans le monde anglo-saxon VMI pour *Vendor Managed Inventory* ou VMR pour *Vendor Managed Replenishment*).

Pour réaliser les prévisions de besoins du distributeur, le fabricant dispose de l'historique de ses livraisons précédentes et en permanence des accords de

promotion. Il est évident que ce n'est pas suffisant et, le plus souvent, le distributeur lui communiquera les informations sur ses stocks en plates-formes régionales ou entrepôts centraux, d'autant plus que le fabricant peut parfois rester propriétaire de ces stocks, même s'ils sont conservés dans les entrepôts du distributeur. Il recevra donc en EDI pour chacun des stocks, les entrées et sorties, les écarts d'inventaires, la situation des stocks et éventuellement les en-cours. Il connaît, d'autre part, les actions de promotion qui sont définies entre le *category manager* du distributeur et le « responsable d'enseigne » du fabricant.

Le distributeur peut communiquer au fournisseur des prévisions périodiques de commande. Passé un certain délai, la prévision se transforme en commande ferme. C'est là une procédure classique dans le B2B avec des clauses contractuelles extrêmement variables, définissant dans quelle mesure – et éventuellement à quel prix – l'acheteur peut modifier ces prévisions pour chacune des périodes.

C'est aussi une procédure qui tend à devenir de plus en plus fréquente dans le B2C sous le nom de RMR (*Retail Managed Replenishment*). Les appels de livraison du distributeur sont effectués quotidiennement à partir de plans d'approvisionnement préparés par le distributeur qui reste responsable de la prévision mais communiqués périodiquement, par exemple chaque semaine au fabricant.

L'objectif d'une prévision coopérative est cependant de partager des informations pour améliorer la prévision, et l'organisation de ces échanges d'information est un point clef des procédures à mettre en place. Dans le cas d'une prévision par le fournisseur, il dispose déjà de la connaissance qu'il a des commandes et des livraisons précédentes aux plates-formes et surfaces de vente des distributeurs ; c'est là un minimum qui ne demande pas de véritable coopération. Mais, s'il est responsable des prévisions et des recomplètements, d'autres informations lui sont indispensables :

– au moins la situation des magasins du distributeur et les entrées-sorties pour ses propres produits ;

– éventuellement, même si cela reste encore expérimental en Europe, les sorties de caisses des consommateurs finals pour les mêmes produits ;

– les programmes de promotion qui ont été négociés entre le fabricant et le distributeur ;

– l'application qui est faite dans le temps de ces programmes de promotion avec les calendriers de promotion pour chaque surface commerciale, des pourcentages d'implantation, des mesures d'accompagnement de la promotion, bref de tout ce qui permet de prévoir les conséquences de la promotion sur les produits objets de la promotion et les autres produits de la gamme ;

– les écarts entre prévision et réalisations qui permettront de rechercher les causes des erreurs et d'améliorer progressivement les procédures coopératives de prévision et, plus immédiatement, de réajuster les flux ;

– les résultats des efforts de prévision coopérative entreprise sous forme d'indicateurs définis entre les deux partenaires : taux de service par plate-forme, nombre de rupture en linéaires, statistiques de promotions, rotation des stocks, etc., en plus des indicateurs de qualité de prévision.

Tout cela nécessite une organisation et c'est la définition et la mise en place de telles organisations qui ont été définies depuis deux ans sous le nom de CPFR (*Collaborative Planning Forecasting Replenishment*), à travers les efforts du VICS (*Voluntary Interindustry Commerce Standard*) en Amérique du Nord et des organisations ECR européennes.

5.8.2 CPFR (*Collaborative Planning Forecasting and Replenishment*)

Comme son nom l'indique, le CPFR est beaucoup plus que de la prévision coopérative puisqu'il inclut aussi bien, selon des modalités variables, les aspects de détermination des besoins, planification de la production, calcul des programmes d'approvisionnement des entrepôts et passation des commandes. C'est en réalité une procédure complète de gestion en commun de la *supply chain* entre producteur et distributeur et ses modalités intéressent au premier chef l'ensemble de l'ECR.

La mise en place en a été formalisée en sept étapes.

On peut représenter une procédure CPFR par la figure 5.19, diagramme réalisé en simplifiant un scénario CPFR (Jouenne, 2000).

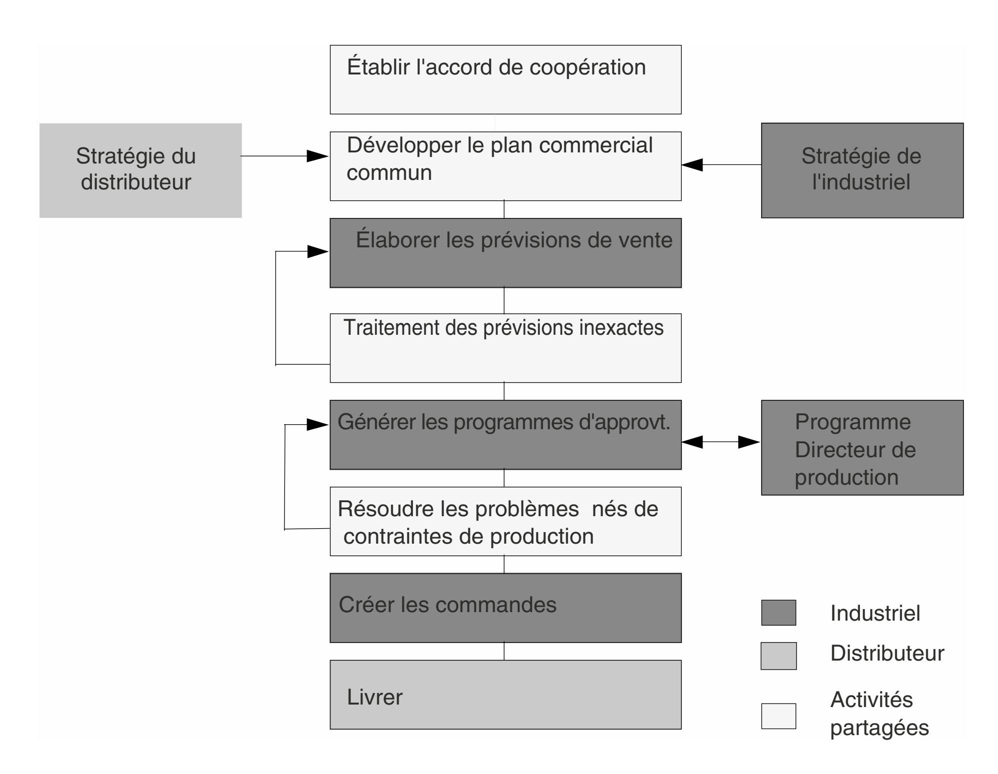


Figure 5.19 – Présentation simplifiée du CPFR (d'après Jouenne, 2000).

Bien entendu, la présentation qui en est faite ici est très simplifiée. On notera cependant qu'elle correspond à un cas réel, celui d'une expérience réalisée en Espagne entre Henkel, le groupe bien connu pour ses détergents, cosmétiques

produits d'hygiène, etc. et Eroski, groupe de distribution espagnol parmi les plus importants. La répartition reportée ici des tâches entre distributeur et producteur pourrait être autre, mais elle montre bien, sur un cas réel, comment elle peut se faire avec une prédominance des tâches assurées par le producteur utilisant un progiciel de prévision et de transmission de données (Demand Planning et NetWorks Collaborate de Manugistics).

Le CPFR montre bien qu'un processus de prévision dans le contexte de la grande distribution moderne avec un rôle très important des promotions est beaucoup plus qu'une simple procédure de prévision mais engage distributeurs et producteurs dans un véritable processus de collaboration commerciale et technique.

Bibliographie

BECKER M., *Les prévisions en entreprise*, thèse du Mastère *European Manufacturing Management*, Hautes études commerciales, Paris, mai 1995.

BOURBONNAIS R., USUNIER J.-C., *Prévision des ventes : théorie et pratique*, Economica, Paris, 2007.

BOURBONNAIS R., VALLIN P., *Comment optimiser les approvisionnements*, Economica, Paris, 1995.

DORNIER Ph.-P., FENDER M., Logistique globale et supply chain management : enjeux, principes et exemples, Ed. d'Organisation, 2007.

JOUENNE T., « Henkel et Eroksi : l'efficacité prouvée du CPFR », *Stratégie Logistique*, n° 26, mai 2000.

KIRKPATRICK R., GAYNOR P*., An Introduction to Time Series Modelling and Forecasting for Business and Economics*, McGraw Hill, New York, 1994.

LURQUIN M. G*., Streamlining the Supply Chain in the Pharmaceuticals Industry*, Logistics Information Management, Bradford, 1996.

MAKRIDAKIS S. G., *Forecasting Planning and Strategy for the 21st Century*, Free Press, New York, 1990.

PECAR B., *Business Forecasting for Management*, McGraw Hill, New York, 1994.

RIVELINE C., *Évaluation des coûts : éléments d'une théorie de la gestion*, cours de l'École des Mines de Paris, 1987.

VIC., *CPFR – Concepts, carte routière et premiers pilotes internationaux* (traduction française), Jouwen Éditions, avril 2000.

6 • ENTREPÔTS ET PLATES-FORMES, EMBALLAGES ET MANUTENTION

6.1 Entrepôts et plates-formes

On peut distinguer bien que le vocabulaire ne soit pas toujours fixé :

– les entrepôts où l'on stocke du matériel,

– les plates-formes logistiques où l'on reçoit du matériel que l'on réexpédie immédiatement ou dans un délai très court (quelques heures à 2 jours) à son destinataire. On parle alors aussi de *cross-docking*, même s'il faudrait mieux réserver cette expression aux cas où l'allotement, préparation de l'expédition aval avec mise en place d'étiquettes de destination, est anticipée par le fournisseur. On parle aussi souvent de *hub*.

La distinction entre entrepôts et plates-formes n'est cependant pas aussi tranchée car beaucoup utilisent les deux termes indifféremment. En outre, beaucoup de situations sont mixtes : ainsi un entrepôt d'usine peut stocker une partie des composants et produits de base nécessaires à la production et en recevoir d'autres en juste-à-temps avec un minimum de stock, sinon aucun.

On peut cependant considérer qu'il existe :

– des entrepôts de stockage des composants dans les usines ;

– des entrepôts de stockage pétrolier, chimique, produits agroalimentaires, bois et autres matières premières ;

– des entrepôts de produits finis d'usines ;

– des entrepôts de distributeurs pour les produits importés, les achats spéculatifs, etc. ;

– des plates-formes et *hubs* de ramasse et de distribution des transporteurs et expressistes ;

– des plates-formes de producteurs pour la livraison directe des surfaces de vente ;

– des entrepôts de VPC et e-business ;

– des arrières-magasins et plates-formes de distributeurs.

Ces dernières plates-formes sont situées à une distance relativement faible (< 200 km) des clients et l'on peut organiser des tournées de livraison à partir de ces plates-formes. Parfois, il n'y a de livraisons directes que dans une zone de chalandise de l'ordre de 100 km autour de la plate-forme ou dans une zone de 200 km pour des livraisons importantes. Les tournées de distribution dans

la zone de 100 à 200 km sont alors effectuées par des dégroupeurs qui peuvent eux-mêmes avoir des plates-formes locales.

Le rôle d'un entrepôt est grâce à son stock :

– d'assurer la régularité des fournitures en usine et livraisons aux clients grâce à un stock de sécurité ;

– de permettre la planification de la production et regrouper les expéditions ;

– de regrouper éventuellement les fournitures de plusieurs usines ou de plusieurs fournisseurs pour livrer des commandes multiproduits ;

– d'adapter les produits aux commandes des clients : *post-manufacturing* et conditionnements particuliers, promotions par exemple ;

– de stocker éventuellement des marchandises pour spéculer sur les prix en achetant moins cher des quantités plus importantes.

6.2 Ingénierie de la création d'entrepôts et plates-formes

6.2.1 Méthodes

La création d'un entrepôt ou d'une plate-forme soulève toutes sortes de problèmes ressortissant à un grand nombre de métiers différents. C'est donc le plus souvent une opération complexe qui demande une démarche très organisée du maître d'ouvrage. Les principales questions à se poser sont successivement les suivantes :

– Un entrepôt pour quoi faire ?

– Selon quel type de propriété et de financement ?

– Quelles dimensions ?

– Où ?

– Quel type de construction ?

– Quel type de rayonnages et de moyens de manutention ?

– Quel maître d'œuvre ?

Toutes ces questions ne sont cependant pas indépendantes et l'organisation d'un tel projet peut demander un certain nombre d'allers et retours entre des étapes successives dans les domaines où les échecs peuvent être importants. On peut cependant esquisser une méthode générale tout en sachant qu'il convient de l'adapter à chaque cas particulier.

Une entreprise peut se faire assister dans toute sa démarche par un cabinet conseil généraliste ou elle peut vouloir mener avec ses propres moyens les premières étapes de la démarche.

■ Le cahier des charges logistiques

C'est le document qui décrit les besoins logistiques à l'origine de l'entrepôt ou de la plate-forme. Sa réalisation demande une étude relativement détaillée des produits et des flux concernés :

L'environnement du projet

C'est ce que les Américains appellent l'*environmental scanning* et qui est la prise en considération de tout ce qui entoure le projet : pourquoi est-il lancé ? – comment le projet s'inscrit-il dans la stratégie et les politiques de l'entreprise ? – quels délais ? – quels risques ? – quels sont les facteurs clefs de succès ? quelle est la sensibilité du projet à une modification de la conjoncture, du marché, etc. ?

Les conditions économiques du projet

Un tel projet remplace en général des solutions antérieures et il est essentiel de pouvoir analyser ce que coûtent actuellement ces solutions antérieures et ce qu'elles coûteraient dans l'avenir en l'absence de ce projet. Mais, à cette approche strictement par les coûts, il est nécessaire d'associer une analyse de ce que l'on attend du projet en termes d'amélioration des performances, d'impact technique et commercial et de gains associés.

Les formats

Il est essentiel en logistique d'établir des catégories homogènes du point de vue du stockage, de la manutention et du transport. Par exemple, tout ce qui peut être traité en palettes standard simplifie les analyses tant qu'il n'est pas nécessaire d'éclater la palette. On notera que ce n'est pas seulement le type de conditionnement, les dimensions et les poids qui doivent être pris en compte mais aussi bien par exemple, la valeur au kilo qui est souvent un bon indicateur des conditions logistiques. Les conditions de conservation (hygrométrie, séparation d'autres produits, températures, etc.) sont des éléments importants pour la conception d'un magasin.

Les prévisions de flux et de stock

Un projet d'entrepôt ou plate-forme est établi pour plusieurs années et il faut donc prendre en compte des prévisions sur plusieurs années. Bien entendu, les catégories d'articles prises en compte pour ces prévisions ne sont pas les mêmes que celles qui ont servi à analyser les formats logistiques. On notera que toutes les prévisions de flux doivent être effectuées non seulement en moyenne mais avec une mesure de variété (écart-type, écart absolu moyen) permettant de déterminer les activités maximales avec différents seuils de probabilité.

C'est pourquoi dans le processus de dimensionnement d'une infrastructure logistique en termes de m^2 et de personnel il est très important d'identifier :

– le jour moyen du mois moyen

– le jour de pointe du mois moyen

– le jour de pointe du mois de pointe

et ce, sur chaque activité élémentaire à savoir la réception – mise en stock, la préparation de commande et les expéditions.

Les variations saisonnières

Les variations saisonnières jouent un rôle considérable dans l'activité d'un entrepôt. Elles doivent être appréciées avec beaucoup de précision car les conditions d'activité de l'entrepôt – et donc sa rentabilité – peuvent s'en trouver

affectées dans des proportions très importantes. Un taux de remplissage prévu pour 80 % sur l'année en moyenne peut se trouver ramené à 60 % ou même moins par le jeu de réductions d'activité en certaines périodes de l'année. On peut alors être conduit à étudier des solutions de dépannage à certaines périodes (sous-traitances temporaires de personnel qui peut atteindre dans certains secteurs jusqu'à 50 % de la main-d'œuvre directe totale et parfois de locaux par la mise en place de stockage de débord), ou même le principe d'une sous-traitance totale avec un partenaire susceptible de trouver des activités compensatrices aux mêmes périodes.

☐ **Les activités normales et exceptionnelles**

Les activités menées sur une plate-forme ou un entrepôt peuvent être extrêmement diverses et doivent être analysées avec précision, y compris les activités exceptionnelles, par exemple celles qui sont nécessaires pour les promotions. Particulièrement importantes sont les activités de préparation de commande dont il faut déterminer les différents paramètres :

– nombre de commandes selon les saisons, les heures, etc. (voir *infra*) ;

– nombre de lignes par commande ;

– nombre d'articles par ligne de commande ;

– variété des articles et des conditionnements (analyse ABC).

On notera que ces caractéristiques ne sont pas immuables et que le nombre d'articles par commande ou la quantité de chaque article peut évoluer dans le temps de façon très importante.

L'activité de traitement des litiges ne doit pas être oubliée, ni les inventaires, de même que l'ensemble des activités de *reverse logistics* comme le traitement des retours (refus des clients, réparations, etc.).

L'analyse de ce qui est fait réellement dans un entrepôt peut souvent apporter des surprises aux responsables logistiques qui ignoraient une partie non négligeable d'activités indispensables – ou inutiles – mais dont il ne leur avait jamais été fait état.

☐ **Les flux journaliers d'entrée et de sortie et les variations horaires**

Toutes ces activités doivent être effectuées dans des tranches horaires déterminées, mais les volumes peuvent varier et varient le plus souvent en fonction des heures.

☐ **Les conditions de travail**

Les conditions de travail dans l'entreprise peuvent être une contrainte forte qui peut conduire, compte tenu des contraintes opérationnelles, à sous-traiter les activités correspondantes ou à négocier des conditions particulières avec les syndicats.

☐ **Les conditions de sécurité**

Les entrepôts sont l'objet, comme on le verra, d'une législation relativement sévère en matière de sécurité, et il faut prendre en compte ces conditions dès le début du projet car elles peuvent modifier considérablement ses conditions de réalisation technique et de rentabilité.

L'avant-projet sommaire

C'est une définition d'une ou plusieurs solutions proposées répondant au cahier des charges logistiques. Bien entendu, les solutions retenues doivent s'appuyer sur des études de coût et présenter les avantages et inconvénients des diverses solutions qui peuvent satisfaire aux contraintes.

Il convient de répondre aux principales questions relatives au dimensionnement global de l'entrepôt envisagé, aux moyens techniques à mettre en œuvre, à son positionnement géographique, à son coût et à sa rentabilité, à son financement et à son mode de gestion technique et financière (leasing, propriété, location, etc.).

L'utilisation d'outils de simulation peut être d'un grand secours dans une telle phase de façon à déterminer avec une certaine approximation les surfaces nécessaires, les matériels, le personnel, les performances attendues, etc. Il s'agit de réaliser, à partir des hypothèses du cahier des charges logistiques complétées par de grandes options techniques et géographiques, de véritables modèles de fonctionnement du futur magasin avec ses zones, ses rayonnages, ses moyens de manutention, ses flux internes, etc. Les ensembliers en ce domaine disposent souvent de tels outils dont il est important de bien comprendre les hypothèses de façon à pouvoir effectuer non seulement des simulations brutes mais aussi des études de sensibilité du modèle. Les évaluations de coût demandent aussi de l'expérience car il est difficile de demander des évaluations à des entreprises que l'on compte ensuite mettre en concurrence pour la réalisation.

L'objectif est de pouvoir faire prendre une décision par le responsable du projet. Afin de limiter le nombre de solutions proposées, il est le plus souvent raisonnable à ce stade d'envisager des variantes sur lesquelles on pourra ne se prononcer qu'ultérieurement. La visite de sites comparables est indispensable pour les responsables du projet aussi bien que pour celui qui doit prendre la décision, afin de ne pas raisonner seulement sur des données mais de bien visualiser ce que sont réellement les réalisations proposées et de pouvoir discuter des conditions et des risques avec des responsables qui ont vécu la même expérience.

Le cahier des charges technique

Le cahier des charges technique doit en principe permettre de déterminer tout ce qui va être nécessaire pour réaliser l'entrepôt ou la plate-forme. Le dossier de consultation est un autre terme pour désigner le ou les documents qui seront soumis aux éventuels réalisateurs. Il n'existe malheureusement pas de cahier des charges type en ce domaine. Ce cahier des charges prend la suite des études de faisabilité et plus encore des avant-projets sommaires et détaillés. Support contractuel des relations avec le plus souvent un maître d'œuvre, il doit présenter :

– les spécifications générales et particulières de la réalisation, y compris la volumétrie des flux, les délais, le service après vente, la formation, la sécurité, et les performances attendues, etc. ;

– les procédures de présentation des propositions du fournisseur : règles de remise des offres et des éléments techniques, limites de fourniture, coûts, obligations, délais, etc. ;

– les procédures de réalisation et de contrôle : conditions générales d'exécution, recettes, réunions de chantier, compte-rendus ;

– les clauses juridiques indispensables pour traiter des litiges, incidents, non-conformités : pénalités, résiliation, responsabilités et assurances, garanties ;

– les modalités financières : règlements, compte prorata, clauses de retenue et garantie, etc.

■ **Le projet**

Le projet lui-même doit planifier l'intervention d'un nombre important d'intervenants, pas moins de 65 prestataires pour une plate-forme logistique (Mondou, 2000) et se traduira par des appels d'offres pour chacun des lots et la coordination de l'ensemble. De nombreux documents et plans permettront de définir les spécifications : études de réalisation, plans de situation, plans d'ensemble, plans de disposition, plan architectural, plan guide au sol, plan guide de fondation, plan guide de bâtiment et structure, etc.

Cette énumération n'a d'autre but que de montrer qu'une telle réalisation est un véritable projet d'ingénierie et non seulement un projet d'aménagement à la suite de la construction d'un bâtiment construit à partir de données sommaires sur les volumes et les flux.

6.2.2 L'environnement réglementaire

D'un point de vue légal, la loi du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement définit plus de 400 rubriques de produits présentant des risques pour l'environnement et faisant donc l'objet d'une surveillance par l'administration.

L'activité d'entreposage, visée par la rubrique n° 1510 de la nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), est réglementée, dès lors qu'elle est soumise à autorisation, par l'arrêté ministériel du 5 août 2002, publié au Journal Officiel du 1er janvier 2003 avec selon les articles des applications qui se sont mises en place soit en juillet 2003 soit au 1er janvier 2004.

Les activités à impact réduit font l'objet d'une simple déclaration ; les autres doivent être autorisées en respectant un certain nombre de prescriptions techniques sur le type de bâtiment, la conception des rayonnages, le compartimentage (en principe tous les 4 000 m^2), le toit selon 5 degrés de réaction au feu, les ouvertures vers l'extérieur et particulièrement les sorties de secours.

Le tableau 6.1 montre les situations qui conduisent à déclaration ou autorisation.

Tableau 6.1 – Situations conduisant à déclaration ou autorisation.

	Volume V de l'entrepôt (m^3)		
Quantité Q de matières combustibles (tonnes)	V < 5 000	5 000 < V < 50 000	V > 50 000
Q < 500	Non classé		
Q > 500	Non classé	Déclaration	Autorisation

Peuvent être précisés l'emplacement et le choix des extincteurs, les sprinklers (dont les normes sont définies par l'ASPAD), la rétention des eaux en cas d'incendie, les réserves d'eau. La procédure de demande d'autorisation suivie d'une enquête publique menée par un commissaire, suivie d'un mémoire en réponse puis d'une acceptation par le Préfet après délibération des conseils municipaux, doit être entreprise non seulement pour la construction d'un nouvel entrepôt mais encore dès qu'il y a exploitation d'une nouvelle activité de la loi de 1976 dans un entrepôt ancien. Il est parfois moins coûteux de construire un nouvel entrepôt que de réutiliser un entrepôt ancien plus difficile à réaménager.

Outre le permis de construire, il est nécessaire d'obtenir une autorisation d'exploitation qui elle ne relève pas du Code de l'urbanisme mais de la législation des ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement) du Code de l'environnement.

On verra par la suite les précautions à prendre pour la construction des rayonnages, même si l'environnement réglementaire de leur construction est moins contraignant. Il en est de même des autres aspects de sécurité sur lesquels le maître d'œuvre engage sa responsabilité et le maître d'ouvrage sa responsabilité d'employeur.

Les quais de transbordement doivent être conçus pour assurer la sécurité du personnel. On peut à cet égard suivre les conseils de la recommandation R223 de la CRAMIF (Caisse régionale d'assurance maladie d'Île de France) :

– « intégrer le quai dans le bâtiment par son enclavement et réaliser toute opération de manutention par l'arrière du camion ;

– adapter les moyens de manutention et de mise à niveau au transbordement par des surfaces antidérapantes et ne pas dépasser les pentes maximales de 4 % pour les engins non motorisés à main et de 10 % pour les chariots automoteurs à conducteur porté ;

– concevoir le calage automatique du camion avec un système de sécurité pour l'ouverture des portes ;

– déterminer un éclairage suffisant en toutes circonstances ;

– mettre en place des glissières le long du quai pour éviter la chute des chariots. »

Un plan de circulation interne doit être élaboré et les signalisations routières doivent être mises en place pour assurer les passages piétons (bandes jaunes ou blanches), les stops, les priorités, l'interdiction des chariots automoteurs dans les aires de *picking* ou d'éclatement. Le personnel doit être formé aux règles de sécurité et particulièrement les conducteurs d'engin qui doivent recevoir une attestation pour un type de chariot et un établissement après une épreuve pratique et un examen psychotechnique qui doit être renouvelé chaque année lors de la visite annuelle de la médecine du travail. Les engins de manutention doivent être conformes à des règles techniques et cette conformité doit être attestée par une autocertification du constructeur matérialisée par un marquage CE sur l'engin.

Il est possible que ces règles de sécurité se renforcent dans un avenir proche. Des groupes de travail sont en place en 2008 par exemple dans le département de Seine & Marne qui est le plus gros département français en termes

d'implantation de sites logistiques. Ces groupes travaillent sur le problème de l'extinction des feux qui concerneraient des bâtiments non seulement longs mais devenus profonds qui ne permettent pas à la grande échelle d'atteindre le cœur du feu.

6.2.3 Dimensionnement d'un entrepôt

On a vu que, dans un système de réapprovisionnement sur point de commande avec un stock maximal de recomplétement, ce stock maximal n'était pas le stock maximal que l'on peut trouver en entrepôt car, entre le moment où l'on passe commande et celui où arrive la marchandise, c'est-à-dire pendant le délai de réapprovisionnement, une partie du stock actuel est consommé. Le stock maximal en entrepôt est en moyenne le niveau de stock qui apparaît sur la figure 6.1.

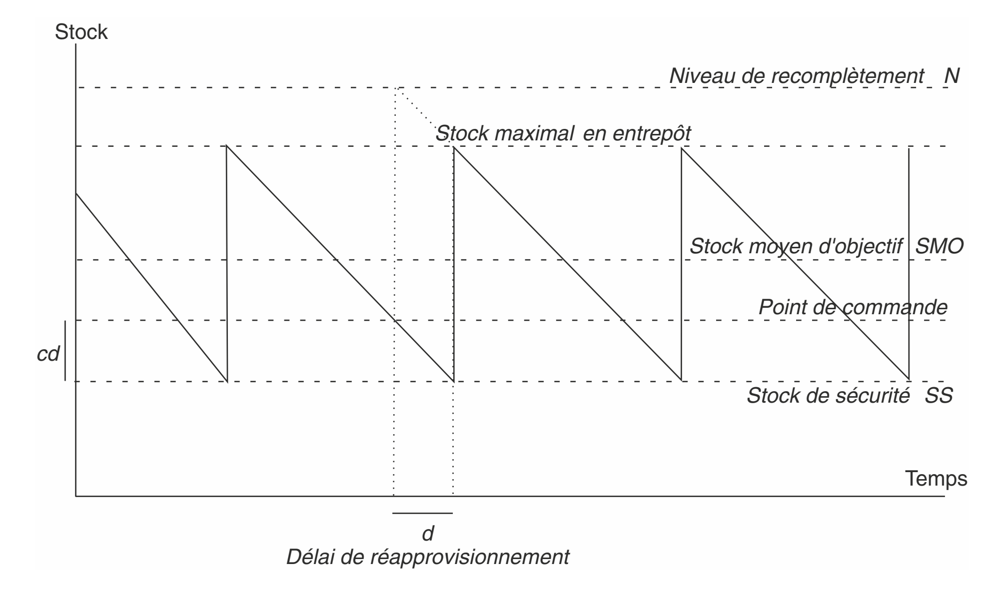


Figure 6.1 – Niveau du stock maximal en entrepôt.

En fait, il peut être un peu plus élevé car, si la consommation pendant le délai de réapprovisionnement est plus faible que prévu, il en sera d'autant plus élevé.

On pourrait donc admettre que ce stock maximal en entrepôt pour un produit soit égal à : $S_{max\ Ent} = 2SMO - SS$

avec *SMO,* stock moyen d'objectif et *SS*, stock de sécurité.

Mais pour compenser les fluctuations du stock maximal d'entrepôt en fonction des variations de consommation, on peut y ajouter le stock de sécurité qui correspond au seuil de probabilité retenu pour son calcul à travers le taux de service, à la consommation supplémentaire que l'on peut avoir en plus ou en moins pendant le délai de réapprovisionnement. Ce qui nous intéresse ici est que cette variation peut être en moins et augmenter d'autant le stock maximum d'entrepôt. On a alors :

$$S_{max\ Ent} = 2SMO - SS + SS = 2SMO$$

On peut cependant remarquer que, outre que le taux de service choisi pour le stock de sécurité n'est peut-être pas opportun pour un tel calcul, celui-ci n'est valable que pour un seul produit, que le stockage soit monoproduit, ou qu'il existe des emplacements réservés à chaque produit. Si plusieurs produits se partagent le même entrepôt de façon indifférenciée, il est évident que l'écart type de consommation de l'ensemble des produits n'est pas égal à la somme des écarts types de chaque produit et qu'il faut en faire la somme en passant par la variance.

Cette formule a le mérite d'être simple mais elle suppose que l'on connaisse le stock moyen d'objectif de chaque article en tenant compte de toutes les subtilités de sa détermination, ce qui suppose en pratique que l'on ait réalisé un plan directeur d'approvisionnement. D'autre part, un entrepôt ne peut être conçu pour la période en cours. Il doit pouvoir satisfaire les besoins sur plusieurs années ; il faut donc tenir compte des variations de consommation dans les années à venir, particulièrement à la hausse, en distinguant les variations par augmentation du nombre des articles et les variations par augmentation des quantités par article. Dans ce dernier cas, le stock de sécurité augmente moins que proportionnellement.

D'autre part, le stock moyen d'objectif est valable pour une longue période de temps. Mais s'il y a des variations saisonnières importantes, il faut le calculer pour la période ayant le coefficient de variation saisonnière le plus élevé.

Le dimensionnement en personnel est un art plus difficile. Il existe bien, comme pour toute activité industrielle, des méthodes de détermination des temps théoriques nécessaires (MTM) mais rien ne vaut l'expérience d'opérations comparables (voir § 6.4.5).

On tiendra compte bien entendu :

– des moyens automatisés ou non disponibles,

– des variations journalières hebdomadaires ou saisonnières,

– de l'organisation du travail en fonction des arrivées et départs de camions, heures limites de réception des commandes, traitement des commandes urgentes, etc.

– de la place disponible pour la préparation et le chargement,

– de la nature des marchandises (volume, poids, fragilité, etc.),

– de la complexité de la préparation des commandes,

– de l'organisation informatique, etc.

6.2.4 Le choix entre entreposage public ou privé

Comme pour l'expression « transport public », l'« entreposage public » ne désigne pas le recours à la puissance publique mais seulement à une entreprise d'entreposage, ce qu'on appelle aujourd'hui plus volontiers 3PL (*Third Party Logistics*), par opposition à un entrepôt que l'on gère soi-même.

■ Approche théorique

Le choix entre entrepôt public ou entreposage privé est en principe simple et souvent présenté ainsi (figure 6.2) :

– l'entreposage privé comporte des frais fixes (immeubles, moyens de stockage et manutentions, etc.) et des frais variables (personnel, chauffage, électricité, etc.) ;

– l'entreposage public se paye en fonction de tarifs qui tiennent compte de l'activité (stocks, flux d'entrée et de sortie, etc.) et son coût est donc représenté par une droite depuis l'origine ;

– là où les deux droites représentatives de ces coûts se coupent est le seuil de rentabilité qui permet de passer de l'un à l'autre.

En réalité le problème est beaucoup plus complexe :

– Avec des prestataires, il y a souvent un minimum de facturation ou des accords de réservation de surface et de moyens qui ressemblent à des charges fixes (tout au moins pour obtenir des prix intéressants), et les prix sont le plus souvent dégressifs et non pas proportionnels aux volumes. La zone 2 de la figure 6.2 correspond à ces volumes où l'externalisation est souvent plus intéressante.

– Pour l'entreposage privé, la part des charges variables peut être assez réduite car le personnel ne peut pas être réduit du jour au lendemain et l'appel à du personnel intérimaire peut être limité. D'autre part, il y a des différences très sensibles de coûts en fonction du degré d'automatisation de l'entrepôt, d'où sur la figure 6.2 le passage de la zone 2 à la zone 4.

– L'exploitation par une entreprise logistique dans des locaux dédiés ou dans ses propres locaux suppose des accords d'assez longue durée avec des engagements réciproques. Or la plupart des entreprises françaises évitent de négocier des accords de plus de deux ou trois ans. Les 3PL ont donc tendance à exploiter des entrepôts peu automatisés, d'autant plus que l'investisseur, le propriétaire de l'entrepôt, est le plus souvent un financier qui cherche une rentabilité à long terme et fait donc construire des entrepôts standard de hauteur réduite et sans automatisation qui peuvent être facilement adaptés à n'importe

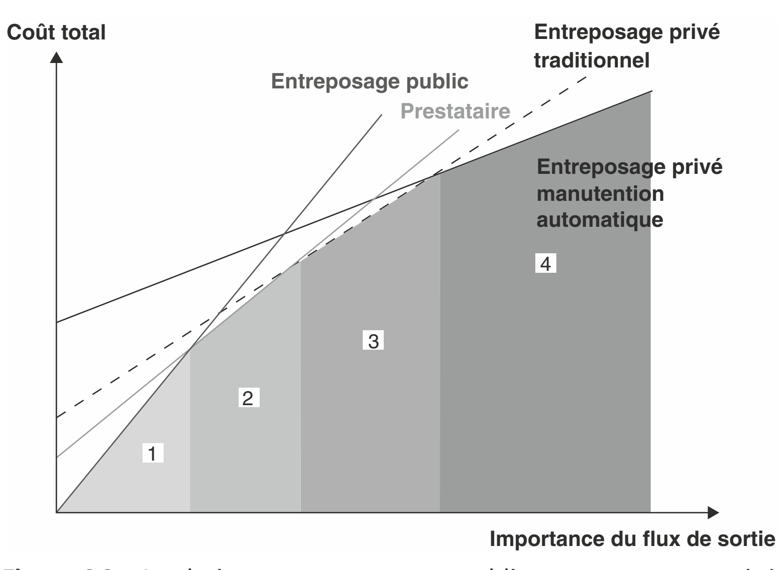


Figure 6.2 – Le choix entre entreposage public ou entreposage privé (d'après Ballou, 1992)

quel utilisateur. L'ennui est que ces entrepôts peu automatisés sont sur une dizaine d'années extrêmement coûteux en frais de personnel par rapport à un entrepôt de grande hauteur avec transtockeurs. En privilégiant ainsi le court terme, on risque d'augmenter sensiblement les coûts d'exploitation.

Le choix entre les différentes formules doit donc être étudié au cas par cas. Il n'en reste pas moins qu'il existe des différences importantes entre les divers modes en ce qui concerne la part respective de l'investissement et des charges.

■ La construction d'entrepôts en France et l'état du parc

En réalité le problème est beaucoup plus complexe et il faut de manière simplifiée considérer le marché de la construction d'entrepôts en France et en Europe.

Les partenaires pour la construction d'entrepôts sont présentés figure 6.3 et de manière plus détaillée en figure 6.4.

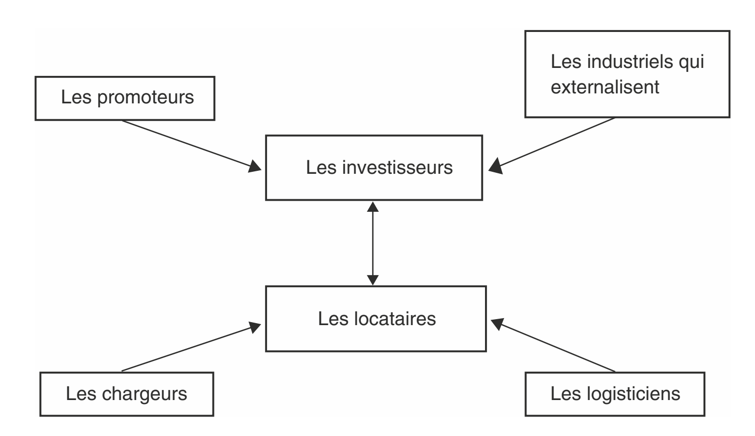


Figure 6.3 – Les acteurs de la construction d'entrepôts.

Les investisseurs comme Bail Investissement achètent des entrepôts à des promoteurs (comme GSE) ou à des industriels qui vendent leur patrimoine immobilier (usines et entrepôts) souvent pour améliorer leur bilan.

Les investisseurs sont des privés, locaux ou régionaux, des institutionnels ou des fonds dédiés spécialistes du « niche market » : des Français comme Logistis, Bail Investissement, Sophia, Locindus, Axa ou Klepierre ou des étrangers comme Prologis (États-Unis), Standard life, Malvern, etc. Ces investisseurs sont peu représentés en bourse : l'immobilier d'entreprise ne fait que 1,32 % de la capitalisation boursière française et les opérateurs n'en font que 0,005 %

Les entrepôts ont connu plusieurs époques :

– antérieurs aux années 1970, ils sont de faible hauteur et obsolètes car ne répondant plus aux normes. Ils sont souvent cependant dans la périphérie immédiate des villes sur des terrains qui avec l'extension urbaine ont pris de la valeur ;

– des années 1970-1980, ils sont de faible hauteur (5,5 m utiles et 3 t/m^2) ;

– de classe A récents, ils sont conformes aux normes ICPE (nomenclatures 1510, 2662 et 2663) : 9 à 10 m de hauteur libre, 27 m de largeur de parking et 5 t/m² avec 5 à 10 % de bureaux.

On note une rupture autour de 2 000 avec une évolution des surfaces des sites qui étaient de l'ordre de 10 000 m² et qui atteignent près de 35 000 m² à partir de 2001.

La figure suivante représente le jeu complexe des acteurs qui interviennent dans la chaîne de valeur de l'immobilier logistique :

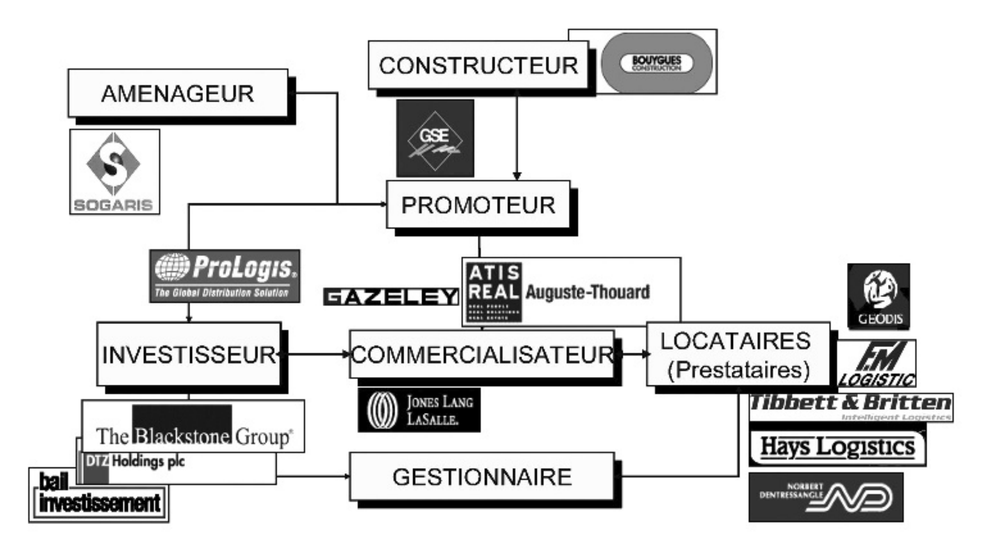


Figure 6.4 – Les acteurs de la chaîne de valeur de l'immobilier logistique.

La figure 6.5 montre que dans les faits le périmètre de ces différents acteurs peut présenter des recouvrements même si chacun d'entre eux a un ou plusieurs domaines de spécialisation privilégiés.

Les prix de location sont en France parmi les meilleurs marchés en Europe : 45 à 55 €/m²/an en France contre plus de 200 à Londres, 140 à Moscou, 100 à Barcelone. Ce faible coût en France peut peut-être s'expliquer par le prix bas des terrains, dû peut-être à l'intervention des collectivités locales, aux subventions y compris en crédit bail et à la faible rentabilité des entreprises logistiques françaises dont les salaires et conditions de temps de travail sont relativement peu compétitifs en Europe pour des entreprises de main-d'œuvre.

Les baux sont de 6 à 9 ans, autrefois 12 ans mais leur durée s'est réduite sous la pression des demandeurs.

Le taux de rendement locatif a baissé progressivement de 10,75 % en 1997 à 8,75 % en 2002 :

– rendement en capital : 6,7 %

– rendement locatif : 8,6 %

– total : 15,3 %

Il reste cependant supérieur à celui des immeubles de bureau au moins en termes de cash flow.

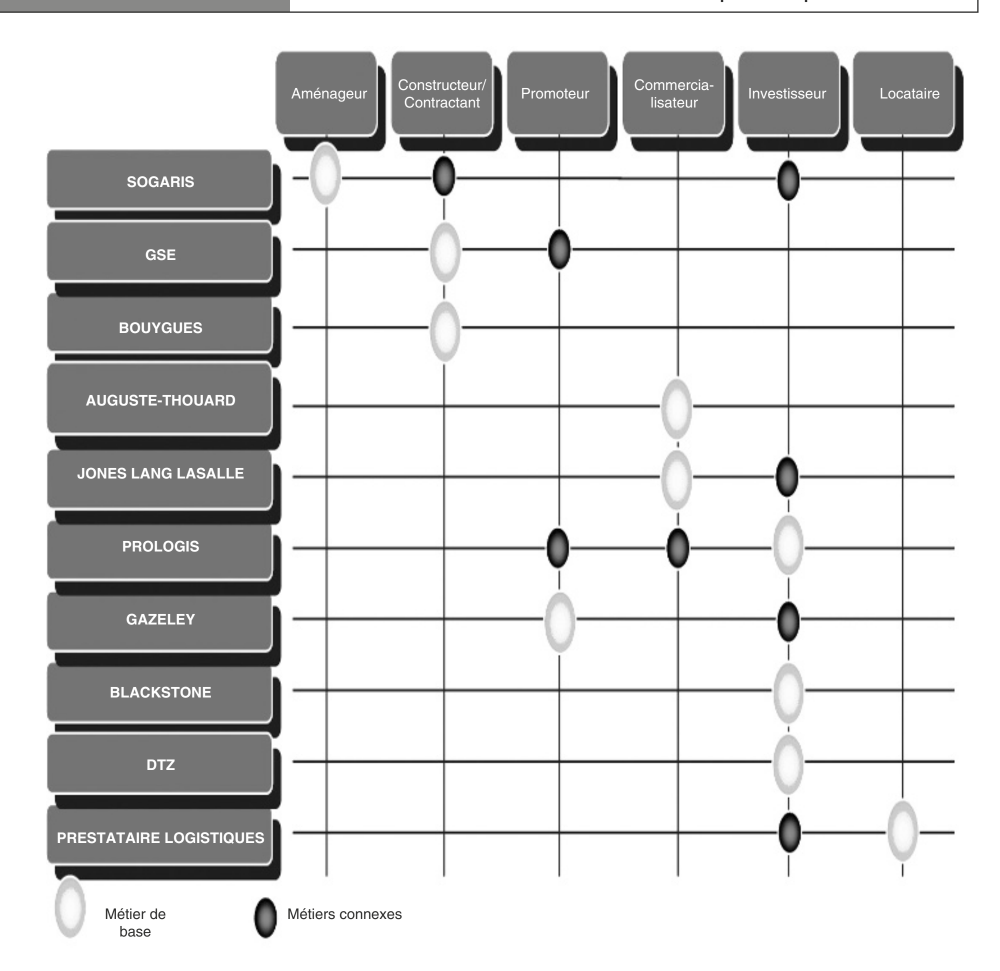


Figure 6.5 – Recouvrement possible des périmètres des différents acteurs.

Comme cela est noté dans l'étude réalisée par ObLog, l'entrée massive des promoteurs et investisseurs sur le marché des mises en chantiers de surfaces supérieures à 5 000 m^2 date de 1999. Depuis 2000, ils sont à l'origine de 60 % des constructions, tandis que les chargeurs viennent derrière avec une répartition assez cyclique entre les industriels et les distributeurs. En effet, si les industriels étaient très représentés au milieu des années 1990, la tendance s'est inversée progressivement au cours des années suivantes.

Les facteurs de choix par les investisseurs pour des entrepôts d'une taille moyenne de 20 000 m^2 par exemple en région parisienne, sont :

– la présence d'un bassin d'emploi et de consommation (Paris, région lyonnaise, Nord, Marseille) ;

– l'existence de routes, autoroutes, voies ferrées (40 % embranchées) ;

– le niveau des impôts fonciers minimisant le total loyer + fiscalité.

Le marché actif ces dernières années semble se restreindre avec la crise économique mais sur le moyen terme, on assiste à une augmentation des

surfaces destinées à recevoir les marchandises importées et peut-être dans un avenir proche des plates-formes d'assemblage de produits.

> **Exemple d'exploitation d'une plate-forme logistique en 2003**
>
> Bail fixe de 6 ans : coût 30 M€ pour 50 000 m^2
>
> Loyer net : 2,85 M€ soit 9,5 %
>
> Investissement à raison de 30 % de fonds propre : 9 M€
>
> Investissement à raison de 70 % d'emprunt à 5,5 % : 21 M€
>
> Amortissement de l'immeuble sur 20 ans (85 % de la valeur)
>
> Taux de rendement interne : 16,3 %
>
> D'après Jean Claude Bossez.

En ce qui concerne le choix entre entrepôt public et privé, la situation est donc moins simple que l'approche théorique ne pouvait le montrer :

– On a assisté à de nombreuses opérations d'externalisation de la part d'entreprises qui y voyaient plusieurs avantages : opérations de réduction d'actif, ce qu'on appelle parfois de la « cosmétique de bilan », réduction des effectifs du personnel de manutention – en le faisant reprendre par le TPL – , volonté de se recentrer sur ses compétences techniques propres en espérant dans les entrepôts une meilleure productivité de spécialistes logistiques. Ceci explique la part importante des TPL dans la location de surfaces jusque vers 2001.

– Depuis, il semble que la part des chargeurs redevienne prédominante dans la location et que de nombreuses opérations de construction d'entrepôts soient le fait d'entreprises de production ou de distribution. En effet l'accumulation des charges de financement, de loyers et d'exploitation de l'entrepôt fait que le coût final de gestion de l'entrepôt par un TPL peut être élevé.

– Enfin la construction au cours des années 1970 à 1980 d'entrepôts de faible hauteur (5,5 m utiles et 3 t/m^2) désormais obsolètes a été remplacée par celle de classes A conformes aux normes ICPE. Le niveau d'automatisation des entrepôts destinés à la location est cependant faible et, dans la situation française actuelle où les coûts horaires de la main-d'œuvre sont élevés, on voit s'esquisser une demande d'entrepôts fortement automatisés de grande hauteur, suivant ainsi avec quelques années de retard l'évolution de l'Allemagne. De tels entrepôts doivent être conçus en fonction des besoins de chaque entreprise et feront peut-être pencher la balance vers l'entreposage privé au cours des prochaines années.

Toujours pour ObLog, le parc d'entrepôts obsolètes supérieurs à 5 000 m^2 en France est estimé 9 % des établissements (soit 3 M de m^2). On peut considérer en revanche que tous les bâtiments construits après 2002 sont aux normes et en l'absence de modifications importantes de la réglementation, ces entrepôts vont rester opérationnels pour 10 à 20 ans sans difficultés.

6.2.5 Le choix entre entrepôt classique et transtockeur

Le concepteur d'un entrepôt peut choisir entre un entrepôt classique de faible hauteur et peu automatisé, utilisé essentiellement avec des rayonnages standard et des chariots élévateurs, et un entrepôt très automatisé, avec stockage en transtockeurs et/ou tris et préparation automatisés. Dans le premier cas, l'investissement sera normalement plus faible et les charges de personnel plus importantes.

La comparaison donnée au tableau 6.2 a été établie par F. Mondou à partir de deux exemples issus de l'industrie automobile. Il montre les avantages d'une installation automatisée de stockage et distribution :

– Réduction de la surface au sol : gain de 60 % des surfaces.

– Optimisation des volumes : gain de 25 %.

– Temps de cycles 6 à 7 fois plus efficients par modélisation des processus.

– Productivité possible en 3×8 (si la réglementation le permet).

– Flexibilité des structures pour reconversion éventuelle.

Tableau 6.2 – Comparaison de deux installations de stockage de constructeurs automobiles (d'après F. Mondou, 2002).

	Constructeur allemand	Constructeur français
Système de stockage	Tout automatisé	Mécanisé traditionnel
Hauteur des bâtiments	Moyenne de 30 m	Moyenne de 8 m
Surface des bâtiments	115 000 m^2	360 000 m^2
Nombre de références	235 000 articles	159 000 articles
Équipements	156 automates	800 chariots
Effectifs totaux	224 personnes	1 400 personnes
Investissements (10 ans)	135 M€	168 M€
Frais de personnel (an)	2,5 M€	33,5 M€

Ce type d'installation automatisée de grande hauteur devrait se développer dans les années à venir pour plusieurs raisons :

– Comme on l'a vu, les coûts salariaux des entreprises françaises les incitent à rechercher des techniques plus automatisées.

– Ces techniques permettent d'améliorer la qualité du service logistique qui devient une des clefs de la compétitivité.

– Le faible coût actuel du m^2 d'entrepôt en France devrait progressivement rejoindre celui des autres pays européens, ne serait-ce parce que les collectivités locales françaises ne pourront longtemps poursuivre leur politique de subventions directes ou indirectes.

La flexibilité des structures peut surprendre mais compte tenu de la palettisation généralisée, la seule variable peut être la hauteur des palettes, hauteur qui dans une installation automatisée peut être modifiée en quelques jours. On a vu cependant au paragraphe précédent que d'autres motivations que la stricte rentabilité à moyen terme pouvaient être prises en considération pour effectuer de tels choix. On notera aussi qu'assez souvent, les entreprises confient la conception du bâtiment à un architecte et ensuite seulement la conception des rayonnages et de la manutention à une ingénierie ce qui ne

facilite pas l'intégration de l'ensemble d'autant plus que les entrepôts de grande hauteur sont souvent conçus avec un rayonnage constituant la structure porteuse du bâtiment.

6.3 Problématique du positionnement géographique

6.3.1 Principes

On peut chercher le meilleur emplacement possible pour un ou plusieurs entrepôts ou plates-formes ; encore faut-il définir selon quel critère cet emplacement sera le meilleur.

On peut chercher à diminuer les coûts de transport tout en respectant le cahier des charges service : or assez souvent les coûts de transport sont plus ou moins proportionnels à la distance ou à la distance et au tonnage transporté, au moins dans certains intervalles de tonnage et pour des conditions de transport (messagerie, etc.). Il est vrai qu'il y a souvent, dans les coûts de transport, une part de coût fixe par voyage mais le nombre de voyages et donc cette part ne changent pas avec le positionnement de l'entrepôt. La détermination de l'emplacement d'un entrepôt se fera alors par rapport aux différents points d'approvisionnement (fournisseurs) et de livraison (clients) en cherchant un emplacement d'entrepôt qui minimise les coûts de transport grâce à la diminution des distances pondérées par les poids ou les volumes.

On peut aussi bien chercher un positionnement de plate-forme établi de telle sorte qu'il minimise les durées de transport. Ces durées dépendent des distances, mais doivent aussi tenir compte des types de route utilisables et des vitesses moyennes de transport pour chaque type de route. Les types de routes ne sont pas seulement des distinctions «route nationale/route départementale/autoroute» mais doivent tenir compte des vitesses de circulation moyenne en distinguant les transports en ville ou en périphérie urbaine des autres et éventuellement les heures de livraison. Le problème se complique si l'on doit tenir compte des possibilités d'organisation de « tournées » de livraison passant par plusieurs clients.

La durée du transport peut ne pas être un objectif mais une simple contrainte du type « livraison en 4 heures maximum » ou « tournée de 5 tonnes en moins de 4 heures » compte tenu de la répartition des commandes journalières des clients et de leur positionnement réciproque. Si cet aspect de durée n'est qu'une contrainte, on peut chercher à optimiser l'emplacement de la plate-forme en réduisant les coûts de transport tout en respectant cette contrainte.

Il est important de bien distinguer :

– une approche tactique qui consiste à positionner des sites logistiques sur un territoire plus ou moins étendu national ou multi-pays et qui doit s'appliquer à une maille famille de produits et si possible depuis la source de production du fournisseur ou au moins d'expédition et jusqu'au point de vente pour travailler dans une logique de *trade-off* global service-coût sur l'ensemble de la chaîne logistique ;

– une approche opérationnelle qui prend en compte de manière très détaillée à un niveau local (région ou département) les points d'expédition et de livraison et cherche à optimiser des flottes de véhicule via des tournées de livraison.

C'est ce que nous présentons dans ce qui suit.

6.3.2 Aménagement du territoire

Il est important de prendre en compte l'implication des pouvoirs publics qui peuvent revêtir différentes formes en matière de développement d'infrastructures logistiques et ce, dans une logique de développement territorial. En Île de France par exemple, l'établissement du SDRIF (Schéma Directeur Régional de l'Ile de France) est une bonne opportunité d'intégrer une composante logistique dans la réflexion qui couvre plus classiquement des questions d'habitat, de création et de localisation d'emplois, de développement de moyens de transport pour les personnes et de marchandises mais ne prenait pas en compte à ce jour. C'est aussi l'occasion pour certains départements de se positionner en offreur de solutions logistiques pour :

– développer l'emploi ;

– faire accepter aux élus que la logistique est une activité positive car elle est souvent perçue par ces derniers comme une activité génératrice de nuisances essentiellement liées au transport (pollution, accidents, trafic…) ;

– d'éviter ce qu'on appelle le mitage territorial c'est-à-dire le développement anarchique de sites logistiques sans vision territoriale équilibrée et au contraire de favoriser le développement de parcs logistiques pouvant intégrer des fonctions tertiaires à forte valeur voire industrielle ;

– de formaliser un véritable schéma directeur articulé autour d'une approche multipolaire chaque pôle développant une spécificité ;

– de favoriser le transport multimodal et en particulier la voie ferroviaire et la voie d'eau.

Ces instances publiques peuvent être l'État, des collectivités locales, des chambres consulaires ou des groupes privées et qui s'efforcent de présenter un certain nombre d'avantages sous les noms de centre de transport, complexe multi-modal, plate-forme de fret, etc. Il existe des plates-formes portuaires ou aéroportuaires, multi-modales par définition, qui peuvent offrir des prestations de groupage/dégroupage et/ou de stockage. Les Chambres de commerce et d'industrie gèrent des centres de gros, magasins généraux et entrepôts parfois spécialisés (frigorifiques, carburants, etc.).

On voit ainsi se dessiner par le biais de politiques incitatives et volontaristes une sorte d'aménagement logistique du territoire tirant le meilleur parti des infrastructures et des flux de marchandise. Il y a là un aspect intéressant de la logistique au niveau national.

6.3.3 Site unique : la méthode du barycentre

■ Principe

Soit n points A_1, A_2, ... , A_n et n nombres réels a_1, a_2, ... ,a_n de somme non nulle. Il existe alors un point G appelé barycentre vérifiant la relation :

$$a_1\overrightarrow{GA_1} + a_2\overrightarrow{GA_2} + \ldots + a_n\overrightarrow{GA_n} = \vec{0}$$

Pour tout point O, on a alors :

$$\overrightarrow{OG} = \frac{\sum_i a_i\overrightarrow{GA_i}}{\sum_i a_i}$$

B

LOGISTIQUE DES FLUX ET DES STOCKS

d'où :

$$x_G = \frac{\sum_i a_i \cdot x_{Ai}}{\sum_i a_i}$$

On obtient donc les coordonnées du barycentre en faisant la moyenne des coordonnées des différents points pondérés par leurs poids respectifs.

Le barycentre ou « centre de gravité » est appelé isobarycentre lorsque tous les coefficients sont égaux.

Avec deux points, l'isobarycentre est au milieu du segment qui relie ces deux points.

Avec trois points, l'isobarycentre est au point de rencontre des médianes du triangle formé par ces trois points.

On assimile assez souvent au positionnement optimal d'un dépôt devant desservir différents points de livraison le barycentre de ces points :

– sans tenir compte du poids ou du volume à transporter, l'isobarycentre (par exemple livraison de courrier),

– en tenant compte des marchandises à transporter, le barycentre peut être calculé avec des coefficients par point représentant soit le poids, soit le volume des livraisons pendant une période de temps. Le résultat est alors censé trouver le point correspondant à la valeur minimale de t/km ou de m^3/km pour cette période de temps. Le coût de transport est supposé proportionnel à ces t/km et donc minimal.

Le dispositif de la figure 6.6 est célèbre : il est constitué d'une planchette avec la carte du territoire, de trous à l'emplacement de chacun des lieux de distribution, d'un anneau auxquels sont attachés des fils passant par les trous et terminés chacun par un poids proportionnel au tonnage transporté. L'anneau se positionnera spontanément au barycentre de la carte.

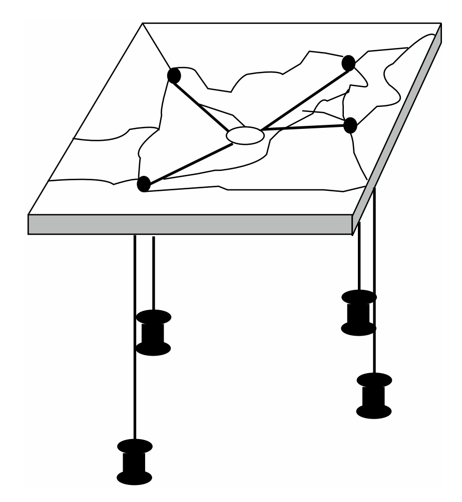


Figure 6.6 – Détermination du barycentre d'un territoire.

Il n'est pas question bien entendu de réaliser un tel dispositif strictement pédagogique, mais l'on peut par le calcul déterminer le barycentre à partir des coordonnées de chacun des points de livraison.

Le barycentre est-il représentatif de l'optimum ?

Une première difficulté résulte de ce que le barycentre ne représente pas le point optimal.

Avec deux points, *A* et *B*, n'importe quel point O du segment *AB* est à une distance optimale égale à *OA* + *OB*. L'isobarycentre est lui au milieu du segment. Si l'on affecte des poids à chacun des points (tonnage moyen journalier par exemple), le point optimal se confond avec le point le plus « lourd » alors qu'au contraire le barycentre se positionne sur le segment *AB* à une distance de chacun des points proportionnelle à son poids relatif.

On peut démontrer que l'orthobarycentre minimise la somme des carrés des distances aux points de livraison. L'ennui est que l'utilisation de carrés peut par exemple décaler fortement le barycentre vers un point de livraison très éloigné des autres.

Soit par exemple trois points de livraison *A*, *B* et *C* affectés chacun respectivement des poids *QA*, *QB* et *QC*. Ces trois points sont à des distances *DA*, *DB* et *DC* du barycentre. On peut chercher à calculer le total *T* des carrés des distances pondérés par les poids :

$$T = \frac{Q_A D_A^2 + Q_B D_B^2 + Q_C D_C^2}{Q_A + Q_B + Q_C}$$

Soient X_A et Y_A les coordonnées du point *A*, X_B et Y_B les coordonnées du point *B*, X_C et Y_C les coordonnées du point C et X_G et Y_G les coordonnées du barycentre (figure 6.7).

Le carré de la distance de chaque point au barycentre est égal à la somme des carrés des différences des abscisses et des ordonnées entre ce point et *G* (théorème de Pythagore).

$$d_A^2 = (x_A - x_G)^2 + (y_A - y_G)^2$$

D'où :

$$T = \frac{Q_A[(Y_G - Y_A)^2 + (X_G - X_A)^2] + Q_B[(Y_G - Y_B)^2 + (X_G - X_B)^2] + Q_C[(Y_G - Y_C)^2 + (X_G - X_C)^2]}{Q_A + Q_B + Q_C}$$

ou encore :

$$T = X_G^2 - 2X_G\left(\frac{Q_A X_A + Q_B X_B + Q_C X_C}{Q_A + Q_B + Q_C}\right) + \frac{Q_A X_A^2 + Q_B X_B^2 + Q_C^2 X_C^2}{Q_A + Q_B + Q_C}$$

$$+ Y_G^2 - 2Y_G\left(\frac{Q_A Y_A + Q_B Y_B + Q_C Y_C}{Q_A + Q_B + Q_C}\right) + \frac{Q_A Y_A^2 + Q_B Y_B^2 + Q_c Y_C^2}{Q_A + Q_B + Q_C}$$

Cette fonction est donc la somme de deux fonctions qui admettent un minimum pour la première pour :

$$X = \frac{Q_A X_A + Q_B X_B + Q_C X_c}{Q_A + Q_B + Q_C}$$

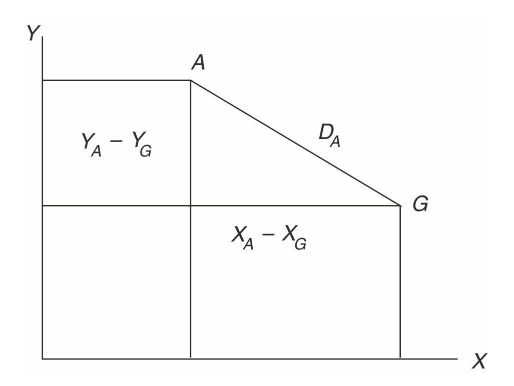


Figure 6.7 – Théorème de Pythagore.

et pour la seconde pour :

$$Y = \frac{Q_A Y_A + Q_B Y_B + Q_C Y_c}{Q_A + Q_B + Q_C}$$

Exemple : avec trois points *A* (3 ; 2,5), *B* (8 ; 6) et *C* (16,5 ; 12,5), on a un minimum de la fonction totale pour le point *G* (5,5 ; 4,17), avec $Q_A = Q_B = Q_C$.

Ce minimum de la somme des carrés des distances aux points de livraison pondérés par les quantités à livrer n'est généralement pas très éloigné de l'optimum, même s'il en est différent (figure 6.8).

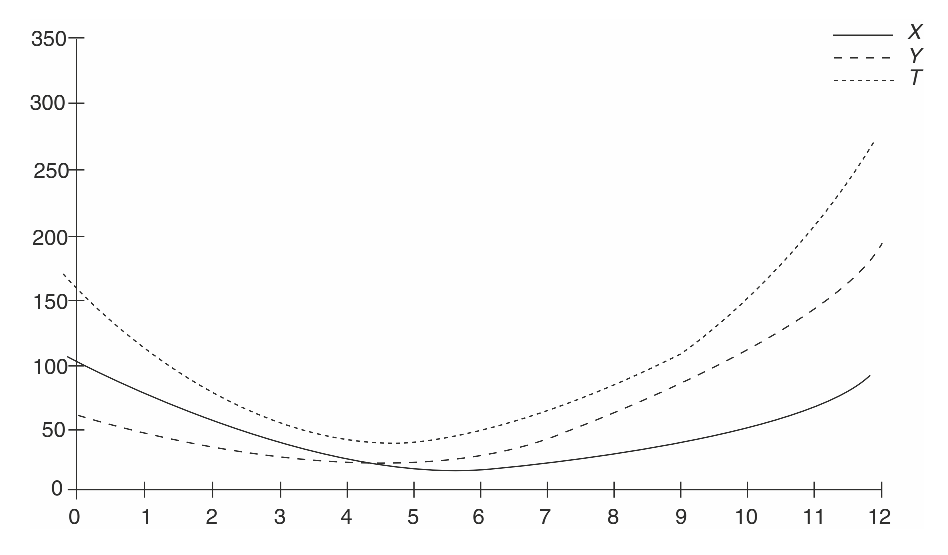


Figure 6.8 – Sommes des carrés des distances aux points de livraisons pondérés par les quantités à livrer.

6.3.4 Site unique : simulation géographique

■ Approche simplifiée

Une autre méthode peut consister, après avoir éventuellement déterminé la zone intéressante autour du barycentre, à calculer pour chaque point du plan la somme des distances aux différents points de livraison pondérés par les poids à livrer. Le calcul de chaque distance *d* se fait de la même façon que précédemment avec la formule :

$$d_A = \sqrt{(x_m - x_A)^2 + (y_m - y_A)^2}$$

m étant chacun des centres de carré de la carte.

Cela peut se faire relativement simplement avec un tableur (figure 6.9) :

le petit tableau en haut à gauche exprime les coordonnées (*x*, *y*) et le poids de chacun des trois points de livraison ; le grand tableau indique pour chacun des points dont les coordonnées sont données en *x* et en *y*, la somme des produits des distances par les poids. C'est une sorte de carte « illustrée » du territoire.

Les distances peuvent être exprimées par exemple en centaines de kilomètres et les poids en dizaines de tonnes, ce qui nous fait des carrés de 50 km de côté et des résultats en milliers de t/km. On voit le minimum apparaître dans le carré de coordonnées 4,5 et 4,5 avec un total de 57,7, soit 57 700 t.km. On aurait pu calculer le barycentre par la formule précédente :

$$x = \frac{11 \times 3 + 12 \times 4 + 10 \times 5{,}5}{11 + 12 + 10} = 4{,}12$$

$$y = \frac{11 \times 2{,}5 + 12 \times 6 + 10 \times 4}{11 + 12 + 10} = 4{,}2$$

ce qui nous aurait amené dans un carré voisin de l'optimum avec un total de 58 800 t/km.

On peut représenter des courbes de résultats égaux, comme sur la figure 6.10.

■ Approche plus réaliste

Toutes les distances utilisées jusqu'à présent étaient des distances à vol d'oiseau, ce qui n'est pas très réaliste. Il paraîtrait plus raisonnable de tenir compte des routes existantes pour évaluer les distances, mais une telle approche peut rendre l'approche du paragraphe précédent très fastidieuse. L'inclusion d'une contrainte de distance maximale en temps de transport ou en kilomètre oblige à effectuer un certain nombre de simulations successives pour déterminer les points de livraison à rattacher à un centre unique.

On peut utiliser un progiciel de détermination d'itinéraire routier. Les progiciels de routage assisté par ordinateur (RAO) permettent de déterminer un itinéraire entre deux villes ou plus généralement deux adresses ou l'organisation d'une tournée. Tenant compte des vitesses des moyens de transport, ils permettent de calculer un temps moyen pour établir une liaison. Certains d'entre eux

Points	x	y	p
A	3	2,5	11
B	4	6	12
C	5,5	4	10

	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
1	152	140	131	123	117	114	113	115	119	125	132	141	151	182	173
1,5	141	129	118	108	102	98,6	98,7	101	105	112	119	129	139	151	164
2	132	119	106	95,1	87	84,4	85,3	88,1	93	99	108	118	129	142	155
2,5	125	111	97,5	84,7	72,8	72,9	74,2	77	82	88	97,2	108	121	134	148
3	120	106	92	79,7	70,4	66,6	66,3	68	72	78	87,9	99,9	113	128	142
3,5	117	103	89,3	77,7	68,8	63,5	61,4	61,6	64	70	80,3	93,6	108	123	138
4	116	102	88,8	77,4	68,3	62,1	58,8	58,1	59	62	75,8	90,3	105	121	136
4,5	117	103	90	78,5	69,1	62,3	58,4	57,7	60	66	76,7	90,5	105	121	136
5	119	106	92,9	81,3	71,4	63,8	59,6	59,6	63	71	81	93,8	108	123	138
5,5	124	110	97,6	86	75,6	66,9	62	63,4	69	77	87,2	99,3	113	127	142
6	130	117	104	92,9	82,5	73,2	65	70,2	77	85	95,3	107	120	133	147
6,5	137	125	113	102	92,8	84,8	80,5	82,4	88	96	105	116	128	141	154
7	146	135	124	114	106	99,3	96,2	97,2	102	108	117	127	138	150	163
7,5	157	146	136	127	120	115	112	113	116	122	130	139	149	160	172
8	168	158	149	141	135	130	128	129	132	137	143	151	161	171	183
8,5	180	171	162	155	150	146	144	145	147	152	158	165	174	183	194
9	193	184	177	170	165	162	161	161	163	167	172	179	187	196	206
9,5	207	198	191	186	181	178	177	177	179	183	187	194	201	210	219
10	220	213	206	201	197	194	193	193	195	198	203	209	215	223	232
10,5	235	228	222	217	213	211	209	210	211	214	218	224	230	237	246

Figure 6.9 – Tableau pour déterminer la somme des distances aux différents points de livraison pondérés par les poids à livrer.

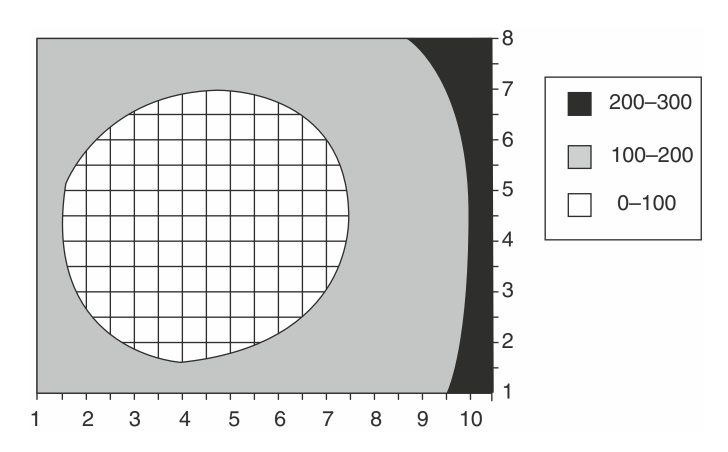


Figure 6.10 – Courbes de totaux égaux (en milliers de t/km).

permettent également de dessiner sur une carte des lignes isochrones reliant tous les points à égale durée de transport d'un même point.

On peut calculer des vrais coûts de transport et non pas seulement des t.km. Il suffit d'utiliser un progiciel de RAO pour calculer les distances puis un barème aussi élaboré qu'on le désire pour tenir compte des livraisons moyennes. On peut ainsi tenir compte des différences de coûts entre les livraisons des fournisseurs à une plate-forme (transports volumineux sur longues distances) et les livraisons aux clients (tournées de livraison sur de courtes distances).

On peut se demander si l'on doit tenir compte des coûts des livraisons des fournisseurs. En effet les fournisseurs livrent souvent franco et ces coûts sont cachés dans le système de facturation. D'autre part, certains fournisseurs très importants peuvent changer ce qui risque de modifier l'économie de la localisation. C'est un problème important et pour lequel il est difficile de donner une solution simple. Même si le prix est franco, il est clair que le fournisseur fait payer ce coût et que si on le réduit, cela peut être l'objet d'une négociation avec le fournisseur. Ainsi lors de la création d'une nouvelle plate-forme les distributeurs ont tendance à renégocier leurs prix avec les fournisseurs qui livraient jusqu'à présent chaque point de vente pour bénéficier de l'économie afin de compenser le coût de ce nouveau service. Le problème des changements de fournisseur est peut-être lui un faux problème dans la mesure où l'on peut effectuer les calculs avec les fournisseurs actuels si leur activité de fournisseur présente un minimum de continuité (2 à 3 ans ?) : dans la plupart des cas, on aboutira à des plates-formes économiquement situées à proximité d'un ensemble de clients. S'il veut changer de fournisseur, par exemple en faveur d'un fabricant délocalisé, l'acheteur doit tenir compte de l'augmentation de coût de transport en déduction de la réduction de prix.

Il serait même possible théoriquement de tenir compte des variations saisonnières. En effet, on peut distinguer des valeurs de transport par exemple pour chacun des mois et chacun des points de livraison, puis calculer les coûts de transport mois par mois afin de les additionner. Il faut ensuite prendre en compte toutes sortes d'autres éléments :

– terrains disponibles, voire même entrepôts disponibles à louer ou acheter ;

– coût comparatif d'amortissement de l'investissement en chaque lieu. Certaines zones peuvent être pré-aménagées, donc moins onéreuses à la construction. Des primes et subventions diverses peuvent exister. Dans l'exemple précédent, on pourra rechercher à l'intérieur du triangle A, B et C tous les points d'opportunité de cette sorte ou les points où de telles opportunités peuvent être négociées ;

– infrastructures déjà existantes : les points A, B et C peuvent être des points d'opportunité du fait de l'existence d'un établissement de l'entreprise qui peut réduire les frais généraux d'un nouveau site ;

– disponibilité de personnel et coût de ce personnel en chaque lieu ou encore coûts d'incitation du personnel à venir habiter en une nouvelle ville ;

– coûts de la fiscalité locale dans les différents sites possibles, etc.

6.3.5 Prise en compte des tournées de livraison ou de ramassage

■ Le problème

Dans les méthodes précédentes on n'a pris en compte que des distances de livraison directe depuis un site vers chacun des lieux de livraison. Or on s'efforce en pratique pour des raisons évidentes de rentabilité de desservir plusieurs points de livraison avec un même camion et un même chauffeur. L'optimisation des tournées peut être facilitée par l'utilisation de progiciels spécialisés, mais le choix d'un emplacement de plate-forme de livraison devient nettement plus difficile. On peut tenter d'approcher ce problème de façon un peu théorique avant de lui trouver des solutions plus pratiques. On notera que le problème est le même pour l'organisation de tournées de ramassage à l'intérieur d'une zone de ramasse.

■ Un modèle théorique

Soit une zone de distribution constituée de 24 points de livraison répartis autour d'un entrepôt central selon le modèle de la figure 6.11, constitué d'un carré de côté égal à 2 :

Si l'on n'a pas de contraintes de durée d'une tournée ni de remplissage de véhicule, ni de routes, on peut ne faire qu'une seule tournée ou en faire 2, 3, 4, etc. jusqu'à 24, cas où chaque point est livré par un déplacement spécial de véhicule. La figure 6.12 donne quelques exemples de tournées possibles.

On peut facilement calculer le déplacement total dans chaque cas, en supposant que chacune des solutions retenues soit optimale et en supposant que les déplacements se font en ligne droite à vol d'oiseau (tableau 6.3).

On peut représenter graphiquement (figure 6.13) les distances en fonction du nombre de tournées pour cet exemple (qui n'a rien de général).

Il est plus significatif de représenter la distance totale en fonction du nombre de points de livraison pratiqués à chaque tournée comme sur la figure 6.14.

Les contraintes à prendre en charge pour l'organisation des tournées sont donc :

– la distance maximale d'une tournée exprimée en heures en tenant compte des routes et des vitesses moyennes sur chaque type de route : 8 h par exemple

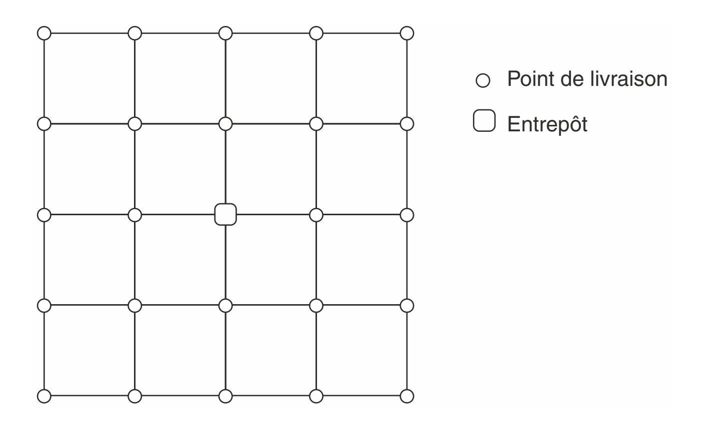


Figure 6.11 – Exemple théorique de zone de distribution.

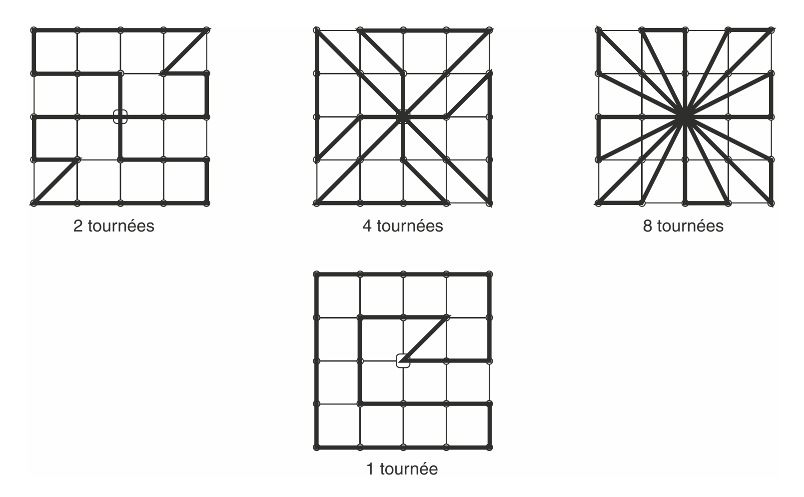


Figure 6.12 – Exemples de tournées possibles.

Tableau 6.3 – Déplacement total suivant le nombre de tournées.

	Nombre de tournées					
	1	2	4	8	12	24
Distance totale	12,7	13,4	16,4	22,4	29,6	46,6



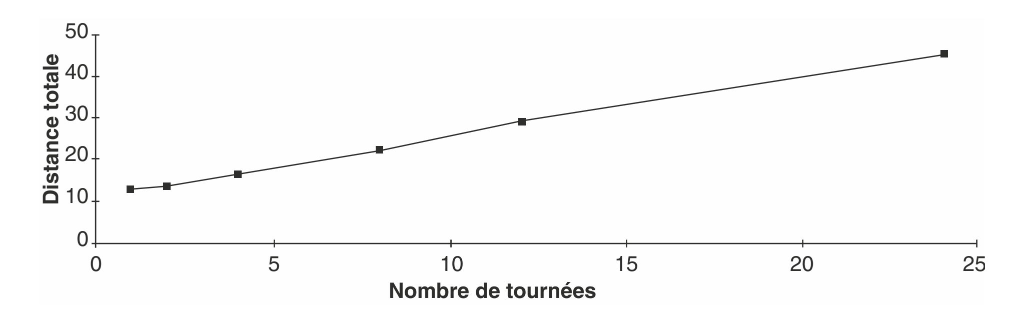


Figure 6.13 – Distance de livraison pour 24 sites.

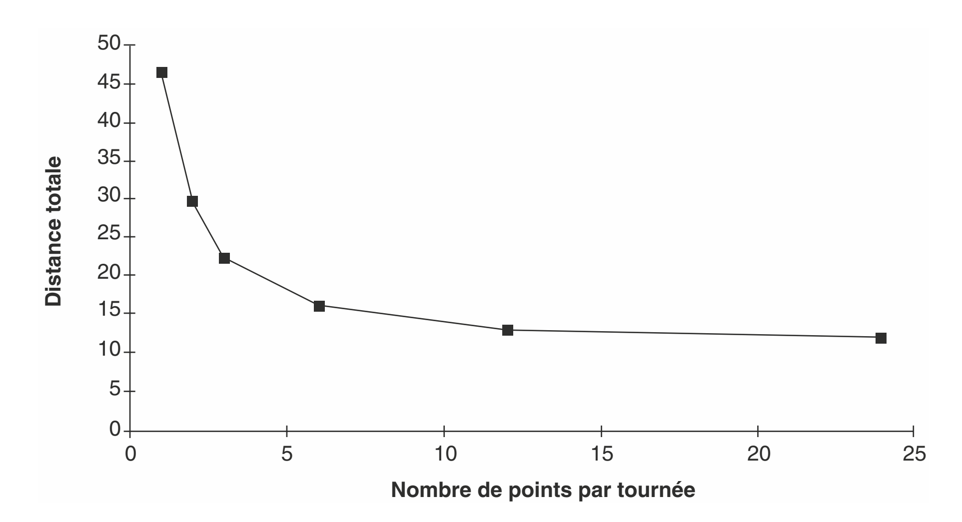


Figure 6.14 – Distance de livraison en fonction du nombre de points de livraison par tournée.

y compris les temps de déchargement à moins que l'on ne veuille livrer tous les matins avant 8 h les points de livraison avec une heure de départ déterminée au plus tôt ;

– le remplissage d'un camion en fonction des différents sites à livrer.

6.3.6 Dépôt unique ou dépôts multiples

Dans la même hypothèse où l'on connaît les emplacements possibles pour recevoir un entrepôt, il est possible de rechercher directement un optimum de nombre de dépôts en déterminant leurs emplacements. Cela peut se faire en programmation linéaire. Il suffit de transformer le système en un ensemble d'équations linéaires et le programme recherchera quelles valeurs donner aux différents paramètres pour optimiser le résultat. L'optimum sera le plus souvent la recherche d'un coût minimal et les variables seront des flux passant par chacun des emplacements. Lorsque le programme détermine un flux nul à travers un entrepôt, on peut considérer que cet emplacement n'est pas souhai-

table économiquement. S'il reste plusieurs entrepôts, on peut rajouter comme une contrainte supplémentaire qu'il n'y ait qu'un seul entrepôt. Il n'en restera plus alors qu'un seul au prix d'un coût supplémentaire si l'optimum avait été trouvé avec plusieurs entrepôts.

Comme dans la méthode par centration, on doit connaître à l'avance les emplacements possibles de l'entrepôt que l'on veut constituer, soit que des entrepôts existent déjà dans un réseau que l'on veut simplifier, soit que l'on puisse déterminer par une bonne connaissance du terrain les lieux possibles pour installer des centres de distribution compte tenu de la surface de distribution à couvrir, du réseau de routes, etc. Il faut également connaître les lieux de livraison-clients.

On prendra garde cependant que la programmation linéaire a ses contraintes propres. On peut appeler « arc » chacun des arcs du graphe reliant un site possible à un point de distribution ou deux sites entre eux. Ainsi pour chaque arc du modèle où transitent des marchandises, le coût global du transport sera une fonction de la quantité de marchandises qui y transite et du coût unitaire, mais on pourrait considérer que le coût unitaire, de transport dépende lui même de la quantité de marchandise transportée en raison par exemple de réduction due au remplissage ou non de camions, ce qu'il n'est pas possible de réaliser en programmation linéaire sauf à créer des arcs différents par tranches de poids ce qui multiplie les arcs. Or le nombre des arcs risque de devenir facilement très important et de rendre le modèle très lourd, voire inexploitable sur un ordinateur ordinaire. Par exemple la combinatoire d'une cinquantaine de lieux de stockage possibles et de 500 clients conduit à traiter 25 000 arcs. On peut alors pour diminuer le nombre des arcs, regrouper les lieux de livraison autour de villes moins nombreuses. On peut avoir également des difficultés à linéariser les coûts de transport. En effet le coût d'un transport avec un semi-remorque de 40 tonnes affrété n'est pas le même qu'avec un camion 2 essieux ou encore par messagerie. On peut bien entendu créer des intervalles de tonnages avec une expression linéaire dans chaque intervalle, mais là encore on augmente la taille du système.

L'avantage de la programmation linéaire est qu'elle permet de prendre en compte d'autres variables (stocks, manutention, préparation de commandes par exemple) et leurs coûts de façon à optimiser l'ensemble du système logistique. Nous retrouverons ces outils dans le chapitre 18, relatif aux schémas directeurs logistiques.

Des méthodes approchées permettent d'arriver à un résultat voisin, par exemple la méthode des soustractions progressives. Ayant attribué un entrepôt à chaque zone géographique, on calcule les coûts de transport pour chacun d'entre eux et la totalité du système, puis on supprime celui d'entre eux dont la fermeture, après répartition de sa zone de livraison entre les autres, apportera l'économie la plus importante. On continue ainsi jusqu'à ce qu'aucune fermeture n'entraîne une économie.

Une méthode pragmatique consiste à établir des scénarios et à calculer le coût et la performance de chacune des hypothèses retenues pour les comparer : par exemple recherche du coût minimal à contraintes de délai et de qualité de service identiques.

Les méthodes de programmation linéaire ou de soustraction progressive permettent de chercher un optimum peut être un peu théorique, mais que l'on pourra ensuite repréciser par des études ultérieures. À la limite, les deux

approches peuvent être considérées comme complémentaires, la première permettant d'éliminer les scénarios a priori sous-optimaux, la deuxième permettant de comparer de façon approfondie les scénarios retenus.

La seconde méthode permet de tenir compte de toutes sortes de facteurs que l'on ne saurait faire varier dans une étude du deuxième type : existence d'entrepôts préexistants, prix du terrain, routes, fiscalité, environnement social du problème, etc. En revanche elle ne garantit pas que l'on aura trouvé un optimum. Comme ces calculs sont souvent effectués à partir de progiciels spécialisés, il faut donc prendre garde aux caractéristiques de ces progiciels et à la façon dont ils ont déterminé la « meilleure » solution.

Si le modèle utilisé n'est qu'un calculateur de coûts sans optimisation, il permettra seulement de comparer les coûts des différents scénarios testés successivement sur le modèle.

Si le modèle utilisé est un modèle de programmation linéaire ou utilisant une méthode équivalente, il permettra de trouver un optimum pour chacun des scénarios testés : élimination de certains entrepôts ou plates-formes, répartition optimale des flux entre les entrepôts ou plates-formes subsistantes, etc.

Avant d'utiliser un modèle, on peut cependant se demander s'il existe un optimum. Un examen sommaire des coûts par nature en fonction du nombre de dépôts peut faire penser qu'il existe un optimum :

– Les **coûts de transport jusqu'aux entrepôts** (« traction ») dépendent des positions des sources d'approvisionnement et des volumes : ils sont en moyenne stables, sauf si les volumes à transporter deviennent inférieurs à un camion et obligent à passer par les lottiers[1] ou même les messagers.

– Les **coûts des entrepôts** eux-mêmes (amortissements des bâtiments et installations, personnel, assurances, charges diverses) augmentent linéairement avec le nombre d'entrepôts par le jeu des frais fixes et de l'avantage général de productivité des grands entrepôts. Les coûts de manutention et préparation des commandes ne sont pas très différents quel que soit le nombre de dépôts à part les frais d'encadrement ou de moyens de manutention qui augmentent avec le nombre des dépôts. Il peut y avoir d'autre part un avantage de productivité important en faveur de grands entrepôts très automatisés.

– Les **coûts informatiques** augmentent linéairement avec le nombre des entrepôts avec une partie fixe (les progiciels et le traitement central) et une partie variable, celle des terminaux et équipements de chaque site.

– Les **coûts de stocks** sont des coûts financiers et d'obsolescence à peu près proportionnels à l'importance du stock total mais celui-ci augmente plus que proportionnellement avec le nombre de stocks par le jeu des stocks de sécurité et de la loi « racine de *n* ».

– Les seuls coûts qui diminuent avec le nombre des dépôts, sont les **coûts de livraison aux clients**. En effet d'une part, plus la plate-forme est proche du client, plus sont faibles les coûts de transports, mais cette réduction est compensée quand on augmente le nombre des plates-formes par l'allongement des transports depuis le ou les entrepôts jusqu'aux clients et surtout la diminution de chacun des envois. D'autre part, la proximité des clients et d'une

1. Transporteurs de lots industriels.

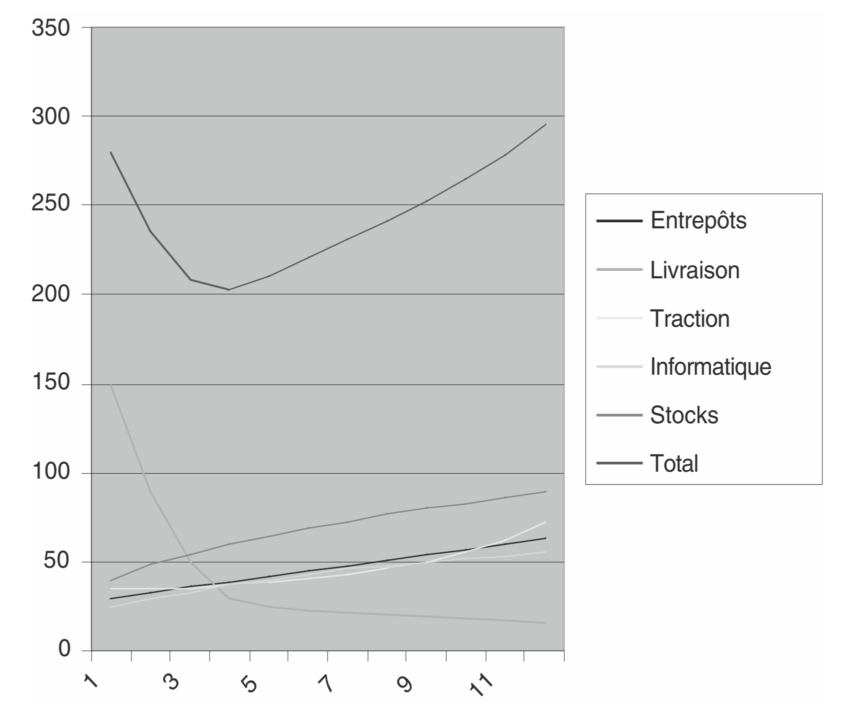


Figure 6.15 – Évolution des coûts en fonction du nombre de dépôts.

plate-forme logistique permet d'organiser des circuits de distribution évitant les nombreux retours à vide. L'important est d'avoir suffisamment de clients dans une même zone de proximité géographique.

On notera d'ailleurs que sur un territoire donné, la distance moyenne des points de livraison à des plates-formes augmente plus que proportionnellement à la réduction du nombre des plates-formes. Ainsi pour la France, on obtiendra par exemple pour des points de distribution nombreux et répartis autour des grandes villes, une courbe du type de la figure 6.16.

Les coûts de distribution devraient donc devenir très importants quand le nombre de plates-formes se réduit d'autant plus que l'organisation de tournées devient plus difficile ou aboutit à des délais inacceptables.

Ce sont donc ces coûts de distribution finale qui obligent à trouver un équilibre et à ne pas réduire inconsidérément le nombre des dépôts. Mais ces coûts de distribution peuvent être trop faibles par rapport aux coûts de stock ou aux coûts fixes des établissements, pour générer un équilibre au-dessus du nombre minimal de plate-forme, soit un.

Sur l'exemple ci-dessus, on voit apparaître un minimum des coûts totaux pour environ 5 entrepôts mais le point important est que l'on peut souvent séparer entrepôts et plates-formes et n'avoir qu'un ou deux entrepôts et par exemple 7 ou 8 plates-formes de transit pour couvrir un territoire comme la France, ces plates-formes pouvant même être celles de transporteurs.

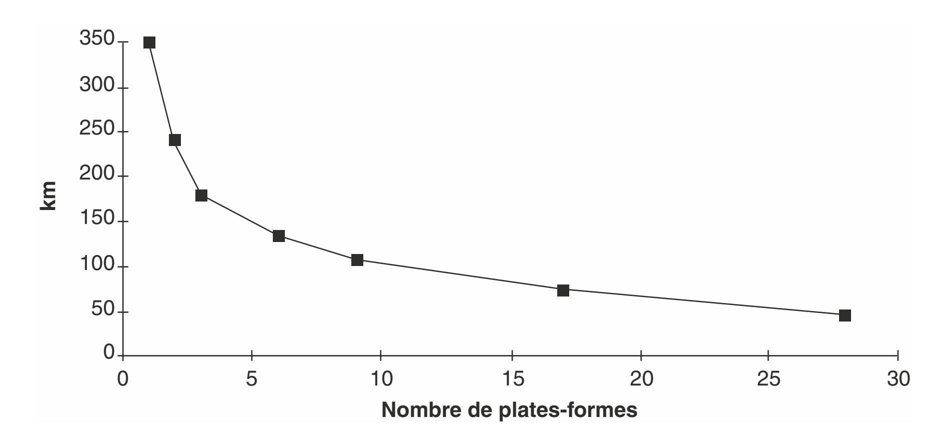


Figure 6.16 – Distance moyenne des points de livraison.

Dans un système d'optimisation par programmation linéaire, la recherche d'un tel système s'exprimera par une contrainte supplémentaire, par exemple de temps, en imposant qu'aucune livraison de ce type ne soit effectuée avec un trajet de plus de 4 heures par exemple.

6.3.7 Organisation des réceptions et stocks de proximité

L'organisation rationnelle des tournées se heurte souvent à l'absence d'organisation de moyens de manutention aux points de livraison. Voici par exemple, décrit par un chauffeur, comment se passe une livraison dans un des plus grands immeubles de Paris : « Tous les véhicules devant effectuer des livraisons à.... doivent s'acheminer vers le 2e sous-sol (hauteur limitée à 3,20 m) et attendre en file indienne qu'un des 4 quais de déchargement se libère. Il faut savoir qu'une centaine de sociétés siègent dans... et que la plupart d'entre elles reçoivent des livraisons de façon quotidienne. Quand (enfin !) le camion est à quai, le chauffeur se présente obligatoirement à l'accueil et présente une pièce d'identité. À chaque livraison, une photo instantanée du livreur est prise et collée sur un badge qu'il doit porter durant sa présence. Après cela, le chauffeur peut décharger sa première palette de colis et s'acheminer vers le seul monte-charge réservé aux livraisons (surface 6 m^2). Bien entendu, il retrouve là les chauffeurs et livreurs qui sont arrivés avant lui. Ceci implique une nouvelle attente, toujours en file indienne. Si ceux placés devant notre livreur ne sont pas trop chargés, il a une chance de pouvoir monter. Si par contre, ceux-ci ont chacune une palette de matériel à livrer, notre chauffeur devra attendre un prochain voyage (attente moyenne = 10 min)... Et encore cet immeuble a une aire de livraison et un monte-charge, ce qui n'est pas le cas de tous les grands immeubles de bureau récents de Paris… »

Il existe donc une catégorie de stocks qui échappe au moins partiellement aux règles précédentes d'optimisation. Il s'agit de stocks de proximité permettant de satisfaire certains besoins différents :

– des besoins commerciaux urgents : possibilité de dépanner un client en quelques heures ;

– des besoins de pièces de rechange pour des clients externes ou des clients internes ; nous examinerons ce type de problèmes de soutien dans le chapitre 11 consacré à la gestion des pièces de rechange ;

– des besoins internes de consommable et petit matériel en libre service le plus souvent ;

– des lieux de contact entre la logistique et les clients internes : il est parfois difficile à une équipe d'intervention de service après vente ou d'installation par exemple de laisser quelqu'un attendre un matériel envoyé en express ; il est parfois plus simple d'avoir un point où cette pièce est livrée et conservée à disposition et où le technicien peut venir la prendre en début ou en fin de journée.

Ces magasins de proximité peuvent être relativement nombreux et représenter une activité non négligeable, même s'ils ne sont pas toujours rattachés à la logistique. Ainsi Michelin, qui a réduit le nombre de ses entrepôts de 90 à 7, a cependant conservé, pour satisfaire les besoins urgents de ses clients, 40 magasins de ce type disséminés à travers la France.

C'est le cas également d'Altadis qui maintient un réseau de points de vente *cash and carry* réservé aux buralistes qui lorsqu'ils tombent en rupture de stock avant la prochaine livraison ont la possibilité de se réapprovisionner et ce, plutôt sur les références qui tournent beaucoup.

Chacun d'entre eux ne conserve qu'un stock extrêmement réduit : 1 seul item pour beaucoup d'articles mais peut livrer en une demi-journée ou même moins. Au Japon, compte tenu des difficultés de circulation dans certaines régions industrielles et du juste-à-temps relativement général, les fournisseurs doivent entretenir de très nombreux magasins de proximité de quelques centaines de mètres carrés.

Les articles que l'on conserve dans ces magasins de proximité ne sont pas nécessairement des articles de consommation importante. On considère parfois que les articles de catégorie C, les moins consommés, doivent être centralisés et que les clients peuvent accepter des délais de livraison plus importants, mais il apparaît parfois que certains articles de faible consommation représentent parfois des besoins urgents et que les consommations d'un même article diffèrent sur l'ensemble d'un territoire. Il n'est pas certain que les progrès de la logistique, capable de livrer désormais en un temps très court, ne conduisent pas à supprimer ces magasins de proximité qui ont un coût qui peut être important. Cette logistique de proximité qui peut d'ailleurs être facturée au client à un coût différent de la logistique normale, doit cependant être étudiée avec beaucoup de soin car elle peut être un facteur de satisfaction important pour les clients.

6.4 Conception de l'entrepôt

6.4.1 Le plan général

Beaucoup d'entrepôts séparent réception et expédition selon le schéma de gauche de la figure 6.17. Les différents services sont alors séparés. Une telle disposition peut être intéressante :

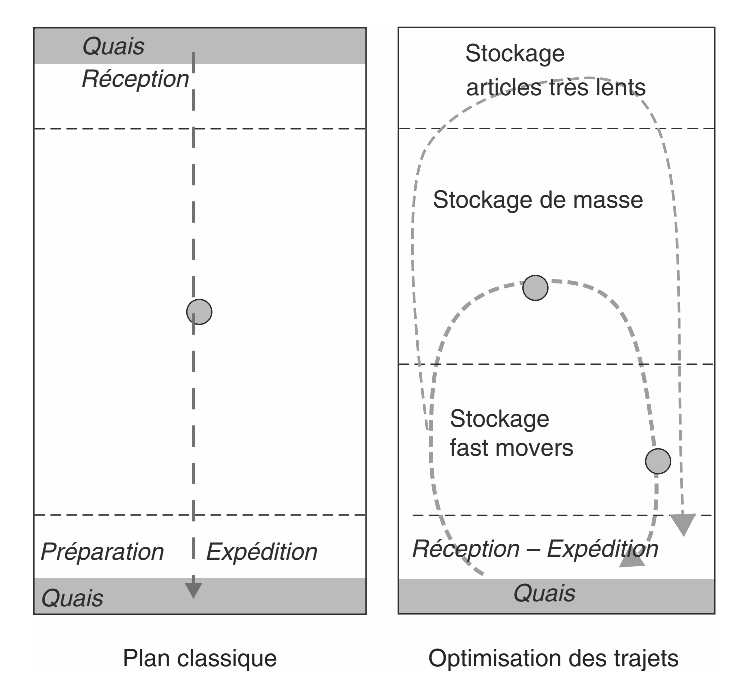


Figure 6.17 – Conception d'un entrepôt séparant réception et expédition.

– si la réception des marchandises est en fait la sortie de la ligne de production ;

– si les véhicules – et donc hauteurs de quai – et les formats utilisés sont très différents à l'entrée et à la sortie ;

– si les entrées et sorties doivent être maintenues éloignées pour des raisons de sécurité.

On a plutôt tendance actuellement à séparer les articles selon leur importance quantitative selon le schéma de droite de la figure 6.17, dit en U. Les articles qui constituent la part la plus importante de l'activité, les *fast movers* (ceux qui partent rapidement) sont stockés au plus près des postes de préparation, expédition et réception. Éventuellement une partie d'entre eux peuvent être dans le stockage de masse et viennent périodiquement réalimenter la zone *fast moving* qui leur est attribuée. On appelle parfois « stockage de masse » une accumulation de marchandises identiques gerbées sans rayonnages – le plus souvent des palettes. On entend ici par cette expression des stocks de marchandises représentant une part importante de l'activité quel que soit leur mode de stockage (palettier, rayonnage, simple gerbage, etc.).

Certains entrepôts gèrent plusieurs types de matériels :

– sur l'exemple de la figure 6.18, un distributeur de matériels électroniques gère simultanément des matériels relativement importants en palettes et cartons, des petits matériels (CD, matériels sous blisters, petits cartons, etc.) et des pièces de rechange ;

– certains entrepôts peuvent gérer du matériel de plusieurs entreprises ;

Pièces de rechange

Petits matériels

Matériels plus importants

Zones spécialisées de réception – préparation – expédition

Quais

Figure 6.18 – Conception d'un entrepôt gérant plusieurs types de matériels.

– d'autres ont des procédures différentes pour certains matériels : clientèle, délais, etc.

Dans ces différents cas, l'entrepôt peut être divisé en plusieurs zones correspondant chacune à un type de matériel. L'affectation des camions aux postes à quai se fait selon la nature des matériels avec des possibilités de débordement d'une zone à l'autre. Les équipes peuvent être spécialisées par nature de matériel et non par fonction : les mêmes magasiniers assurant en équipe réception, rangement, *picking*, préparation pour le matériel de leur zone.

De nombreuses études ont été réalisées aux États-Unis sur la recherche d'une forme de bâtiment optimale et une disposition optimale des rayonnages. En effet les manutentions répétées à longueur de journées sont d'autant plus onéreuses que les trajets sont plus longs et les bâtiments et les rayonnages peuvent selon leur forme et leur disposition modifier de façon importante la rentabilité d'un entrepôt. On démontre ainsi qu'un bâtiment carré à certaines conditions est plus économique qu'un bâtiment rectangulaire et que dans un bâtiment rectangulaire (les plus courants !), la configuration 1 (figure 6.19) est plus économique que la configuration 2 selon un rapport entre le nombre de palettes manipulées et le rapport entre les coûts de stockage et les coûts de manutention. On peut aussi déterminer aux mêmes conditions la longueur et la largeur les plus appropriées pour un tel entrepôt.

Ces formules ne sont pas à retenir car leurs conditions d'application sont très particulières mais montrent que pour chaque entrepôt, il est nécessaire de simuler différentes formes et différentes dispositions de palettiers en fonction des conditions du projet pour déterminer les plus rentables. Des programmes de simulation facilitent ces calculs.

6.4.2 Facteurs de la superficie utile de stockage

La superficie utile de stockage dépend de nombreux facteurs :

– hauteur du magasin et nombre de niveaux qui dépend évidemment de la hauteur de chaque emballage à stocker (hauteur des palettes par exemple) ;

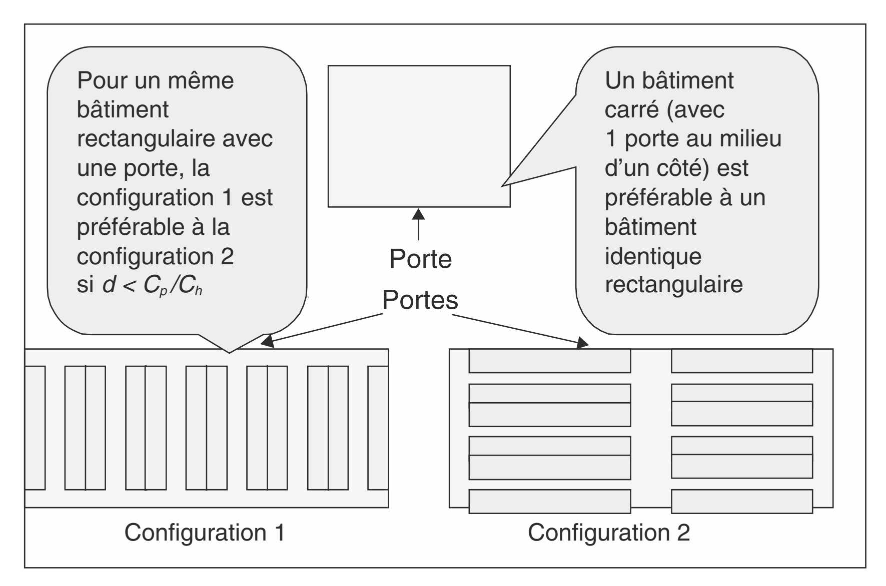


Figure 6.19 – Formes de bâtiments d'un entrepôt. d = nombre de palettes manipulées chaque année. C_p = coût annuel de stockage par unité de longueur de murs extérieurs. C_h = coût de manutention d'une palette sur une unité de longueur. (D'après Ballou, 1992.)

– largeur des allées ;

– disposition des rayonnages (rayonnages simples, rayonnages doubles, rayonnages quadruples) ;

– disposition des palettes dans les palettiers (stockage en longueur et stockage en largeur) ;

– nombre de palettes entre deux échelles.

La hauteur du magasin dépend du bâtiment ; elle dépend aussi des moyens de manutention que l'on souhaite mettre en œuvre :

– chariots élévateurs jusqu'à 6 m ;

– chariots à mâts rétractables jusqu'à 7 m ;

– chariots à grande levée et systèmes de *picking* vertical jusqu'à 13 m ;

– transtockeurs de 10 à 35 m voire plus.

Il existe une forte résistance psychologique en France à la création d'entrepôts de grande hauteur. Il existe en effet des contraintes urbanistiques dans quelques régions françaises qui limitent à 12 m les constructions à proximité des zones habitables et à 20 m de hauteur en zones industrielles. Pour construire un entrepôt de plus de 30 m, il est nécessaire de vérifier si la zone le permet et, si c'est le cas, de déposer un dossier auprès de l'administration. En fait les contraintes sont plutôt d'ordre sécuritaire et ce sont les pompiers qui expertisent les conditions de feu avec la possibilité d'évacuer les personnels – or il n'y a pas d'opérateurs dans les bâtiments de grande hauteur – et une résistance au feu de plus de 30 minutes. Il est cependant regrettable que les délais d'instruction des dossiers soient extrêmement longs et qu'il n'y ait pas d'unité de doctrine pour l'ensemble de la France.

Le **nombre de niveaux** choisi dépend de la hauteur maximum des palettes. On y rajoute un jeu de 150 à 200 mm et l'on tient compte également des opérations de *picking* que l'on doit effectuer sur les palettes.

La **largeur d'une allée** dépend du moyen de manutention que l'on utilise. Avec un chariot conventionnel à 4 roues, on devra conserver une allée de 3 à 3,5 m comme dans l'exemple donné figure 6.20 avec un chariot qui peut faire 3 m de long.

– Avec un chariot à 3 roues, le rayon de braquage est un peu plus court et donc l'allée peut être un peu moins large.

– Avec un chariot à mât rétractable, on peut avoir une allée de 2,5 m seulement.

– Avec un transtockeur, une allée de 1 à 1,4 m pourra être suffisante.

L'arrêté du 30 juillet 1974 et le guide technique joint à la lettre ministérielle du 19 octobre 1989 précisent que « la largeur des allées ne doit pas être inférieure, en sens unique, à la largeur du véhicule ou à celle du chargement augmentée de 1 m. En cas de circulation à double sens, elle ne doit pas être inférieure à deux fois la largeur des véhicules ou des chargements augmentée de 1 m 40 ».

La **disposition des rayonnages** dépend de l'organisation générale du magasin ou de la plate-forme. On évitera en général le rayonnage simple sauf le long des murs.

Le rayonnage double consiste à construire deux rayonnages l'un à côté de l'autre reliés par des entretoises. Le plus souvent, ils sont accessibles chacun par son allée.

On peut aussi avoir un stockage de palettes en double profondeur et donc construire des rayonnages quadruples entre deux allées mais les chariots doivent avoir une fourche spéciale capable d'aller prendre une palette en double profondeur, ce qui est plus rare.

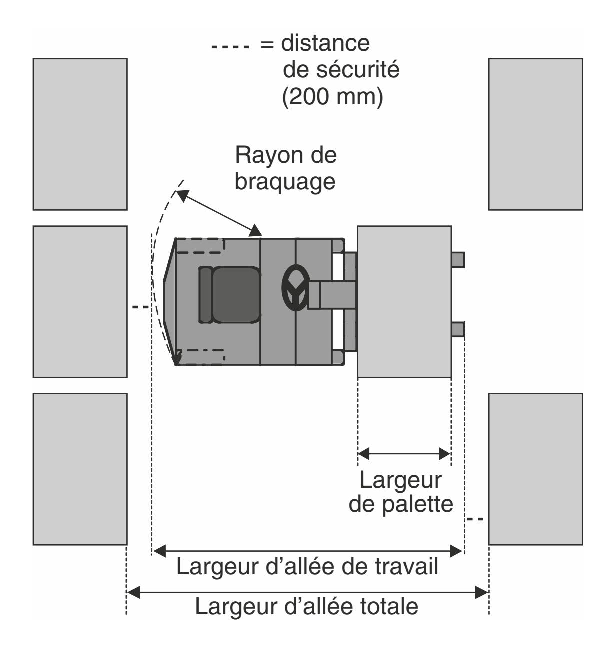


Figure 6.20 – Largeur d'une allée de stockage.

La disposition des palettes dans le palettier et le nombre de palettes placées entre deux échelles peuvent modifier de façon importante la superficie utile de stockage.

Dans l'exemple donné (figure 6.21), on compare un palettier avec stockage de palettes en longueur à raison de 2 palettes entre échelles et un autre avec stockage de 3 palettes en largeur : il est le plus souvent difficile de mettre plus de palettes entre échelles car leur poids oblige à avoir des rayonnages beaucoup plus résistants. On a considéré des palettiers à rayonnage double avec allée de 2,5 m correspondant à des chariots à mâts rétractables.

Si l'on ne considère que la surface au sol, le rapport entre la surface des palettes et la surface totale occupée (allée + jeux entre palettes et échelles + largeur des échelles) est de 0,34 avec des palettes en longueur et de 0,42 avec des palettes en largeur.

Pour 2 fois 3 palettes EURO en largeur, soit $0{,}8 \times 1{,}2 \times 6 = 5{,}76$ m^2, le long d'une allée de 2,5 m, la surface au sol nécessaire correspond à une largeur de $(0{,}8 \times 3) + (0{,}075 \times 4) = 2{,}7$ m et une longueur de $(1{,}2 \times 2) + 2{,}5 + (0{,}075 \times 2) = 5{,}05$ m, soit 13,6 m^2 : le rapport surface des palettes à la surface au sol est alors de 0,42.

Pour 2 fois 2 palettes EURO en longueur, soit $0{,}8 \times 1{,}2 \times 4 = 3{,}84$ m^2, le long d'une allée de 2,5 m, la surface au sol nécessaire correspond à une largeur de $(1{,}2 \times 2) + (0{,}075 \times 3) = 2{,}625$ m et une longueur de $(0{,}8 \times 2) + 2{,}5 + (0{,}075 \times 2) = 4{,}25$ m, soit 11,16 m^2 : le rapport surface des palettes à la surface au sol est alors de 0,34.

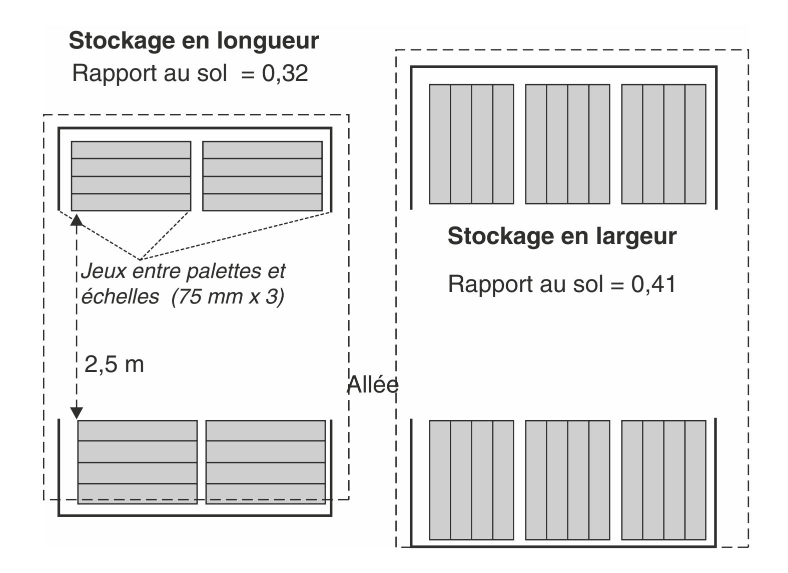


Figure 6.21 – Stockage de palettes en longueur ou en largeur.

En réalité avec des palettes superposées comme il est normal dans un palettier, les coefficients sont de l'ordre de grandeur du tableau 6.4.

Dans l'exemple ci-dessus avec 3 palettes superposées, un entrepôt de 5 000 palettes en longueur demandera une superficie utile d'environ 5 000 m^2 et 20 % de moins avec des palettes en largeur.

Tableau 6.4

Nombre de palettes superposées	Stockage en longueur	Stockage en largeur
2	0,69	0,84
3	1,03	1,27
4	1,38	1,69
5	1,72	2,11

On notera que l'on choisit plutôt un stockage des palettes en largeur lorsque l'on n'a pas besoin d'effectuer des *pickings* dans les palettes ou relativement peu ou encore avec des saisies faciles sur les palettes.

Les **jeux entre palettes** peuvent également varier de 75 mm à 100 mm selon la qualité de la palettisation (débordement, qualité des palettes), la hauteur de stockage et la précision des moyens de manutention utilisés.

Bien entendu, il faut tenir compte en outre des contraintes de construction des rayonnages et des installations de sécurité (sprinklers).

Il existe des progiciels qui permettent de rechercher l'optimisation de la place en fonction des quantités de palettes à stocker, de leurs caractéristiques et des moyens de stockage et de manutention que l'on souhaite utiliser.

6.4.3 Portes et quais de chargement

Un choix important dans le chargement et le déchargement des camions est celui du chargement-déchargement par l'arrière ou par le côté.

La première solution est désormais la plus répandue et permet de travailler entièrement à l'intérieur des locaux à partir d'un quai couvert avec un dispositif de portes adaptables. Les transpalettes ou chariots peuvent pénétrer dans le camion ou la remorque et n'ont qu'un minimum de manutention à effectuer. Pour des matériels lourds demandant des chariots plus puissants – et aussi plus lourds – le chargement-déchargement par le côté s'impose mais oblige à plus de manutention. L'espace nécessaire est plus important et ne peut pas toujours être protégé de la pluie.

Pour des portes classiques, on peut déterminer le nombre N de portes nécessaires en utilisant la formule $N = QH/CT$ avec Q la quantité d'unités (par exemple de palettes) en entrée et en sortie chaque jour, H le temps nécessaire pour charger ou décharger un camion, C la capacité moyenne d'un camion en unités et T le temps disponible chaque jour pour charger et décharger. Ceci suppose bien entendu que les volumes soient stables dans l'année et dans la journée, sinon on devra soit prévoir la situation du jour le plus chargé et/ou de l'heure la plus chargée, soit accepter des contraintes de réception (heures supplémentaires, délais d'attente, etc.). Cela suppose aussi que les portes de chargement et de déchargement soient banalisées et que les temps des uns et des autres soient identiques, sinon (par exemple avec les quais de livraison d'un côté et les quais de réception de l'autre), il faut calculer séparément les

portes d'entrées et de sorties. On peut imaginer facilement les variantes à donner à cette formule pour tenir compte de conditions plus réalistes.

Chargement-déchargement par l'arrière des véhicules. Les quais pour camions peuvent être perpendiculaires à la façade du bâtiment ce qui oblige à disposer d'une aire de manœuvre de 25 à 30 m de largeur perpendiculaire à la façade. Avec un positionnement en épi, on peut se contenter d'une aire de manœuvre de 17 à 22 m selon l'angle des postes de chargement avec la façade. La hauteur du quai varie entre 0,9 m à 1,45 m pour des ensembles et semi-remorques avec 1,32 pour un semi-remorque standard. Pour rattraper les différences de niveaux, il faut mettre en place des ponts de liaison ajustables ou des passerelles amovibles permettant de rattraper jusqu'à 30 cm. Le quai doit être équipé de butoirs élastiques et être très bien éclairé (200 lux). Les portes doivent permettre une ouverture jusqu'à 4,4 m de hauteur.

Chargement-déchargement sur le côté par chariot élévateur. Il faut disposer de 2,8 m de chaque côté du véhicule.

6.4.4 Les locaux techniques et les bureaux

Un entrepôt ou une plate-forme n'est pas seulement un lieu où l'on stocke des marchandises ; c'est une véritable plate-forme technique avec des matériels (chariots de manutention, palettiers, etc.), des moyens techniques (compresseurs d'eau, chauffage voire climatisation, sanitaires, contrôles d'accès, etc.), des moyens informatiques. Il faut donc prévoir des locaux annexes dont la dimension n'est pas négligeable et dont la conception doit être étudiée avec soin.

Les bureaux prennent de plus en plus d'importance dans les entrepôts et dans les classes A récents on trouve désormais toujours 5 à 10 % de bureaux.

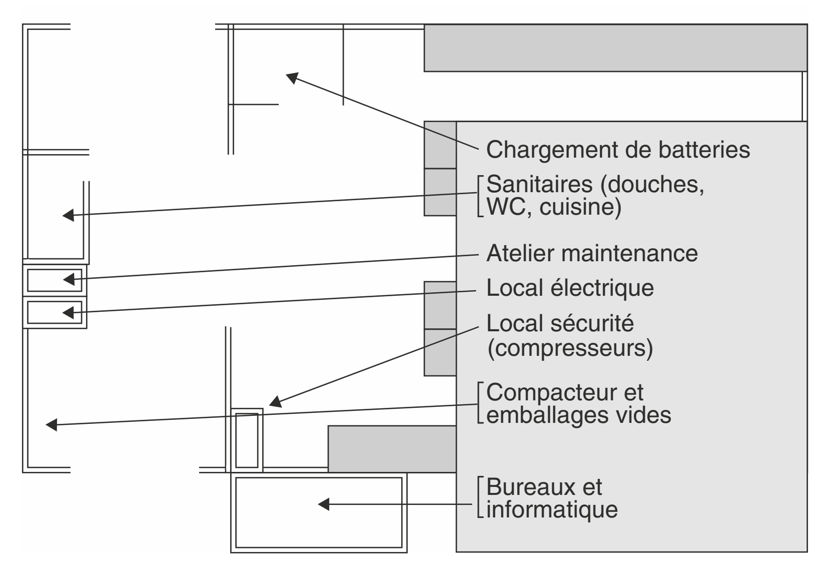


Figure 6.22 – Exemple de locaux techniques.

6.4.5 Calcul des temps d'opération

Un projet d'entrepôt demande une optimisation des temps d'opération : déchargement, réception, rangement, *picking*, préparation, chargement. Ceci afin de réduire les besoins en manutention – et donc les coûts – et de réduire les délais.

On procède donc à des calculs prévisionnels de temps d'opération en utilisant les techniques industrielles classiques (chronométrages, MTM, etc.). La méthode MTM (*Methods Time Measurement*) d'origine américaine a été introduite en France dans l'industrie sous le nom *mesure des temps et mouvements*. Elle repose sur la décomposition d'actions manuelles en une trentaine de mouvements auxquels on affecte à chacun un temps standard prédéterminé. Il existe des programmes informatiques :

– de calcul des temps à partir d'une analyse des tâches à effectuer et des moyens mis en œuvre et d'une base de données de temps standard ;

– de calculs d'optimisation utilisant les mêmes méthodes pour rechercher les conditions optimales de réalisation d'un palettier, d'un moyen de manutention, d'une disposition des marchandises, etc. ;

– des programmes de simulation permettant de simuler le fonctionnement d'une installation avec les arrivées de camion, les préparations, etc.

Ces calculs doivent être considérés avec une certaine prudence car de nombreux facteurs peuvent jouer sur les temps réellement nécessaires. On ajoute le plus souvent un coefficient supplémentaire déterminé par l'expérience de l'analyste pour tenir compte de cette imprécision. Ils sont tout de même utiles pour déterminer des temps pour lesquels on n'a pas d'expérience – ou pour comparer diverses organisations possibles – ou des temps pour lesquels on a des raisons de penser que la pratique actuelle n'est pas optimale…

B

LOGISTIQUE DES FLUX ET DES STOCKS

6.5 Le stockage

On peut distinguer avec François Mondou (2000), cinq modes principaux de stockage :

– le stockage statique ;

– le stockage mobile ;

– le stockage rotatif, horizontal ou vertical ;

– le stockage dynamique ;

– le stockage de grande hauteur automatique.

6.5.1 Le stockage de masse

L'expression « stockage de masse » a plusieurs sens. Elle peut désigner la partie du magasin où l'on stocke la plus grande partie des marchandises par opposition au stockage des marchandises en préparation ou à celui des *fast movers*. Elle peut aussi désigner, comme ici, un stockage de cartons, palettes ou autres emballages sans rayonnages pour les ranger (*block stacking*). Ils sont alors simplement gerbés sur une partie réservée de la surface du magasin.

Un tel stockage demande :

– des emballages gerbables sur plusieurs niveaux : on compte parfois pour des palettes six fois la dimension minimale, soit 4,8 m de haut pour des palettes EURO 80 × 120 à condition que ces palettes soient gerbables en ce nombre de niveaux correspondants avec une surface plane sans danger pour la marchandise ni la stabilité du stockage ;

– des marchandises de même nature en quantité importante car on ne peut accéder aux palettes ou cartons que par les côtés du stockage ;

– une surface au sol suffisante car on ne peut avoir une grande hauteur de stockage et car aucune rangée ne peut être remplie à nouveau avant d'avoir été entièrement vidée ;

– qu'on ne soit pas obligé de gérer les articles selon des règles strictes de *first-in/first-out* (FIFO).

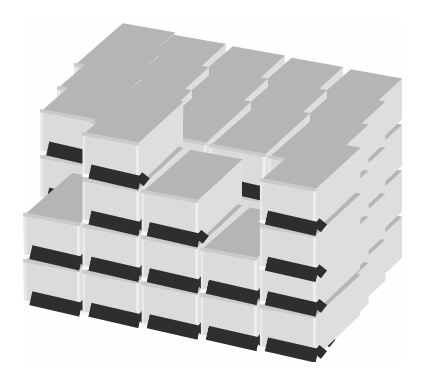


Figure 6.23 – Stockage de masse.

6.5.2 Le stockage statique

Les rayonnages

Le stockage statique peut être réalisé avec des armoires ou des meubles à tiroir pour stocker de petites pièces, par exemple, mais il est le plus souvent réalisé avec des rayonnages. S'il en existe de toutes sortes selon la nature des produits que l'on veut y stocker, la plupart des rayonnages sont réalisés sur le modèle de la figure 6.24 et le vocabulaire des composants est à peu près le même pour tous. Les lisses sont souvent de couleurs vives, orange par exemple, pour être rendues plus visibles des caristes car le choc avec un chariot élévateur est une des causes d'accident les plus fréquentes, malgré les protections que l'on peut placer devant les échelles.

Les rayonnages peuvent être cependant très divers, de quelques mètres à plus de 30 mètres de hauteur, indépendants de la structure de l'entrepôt le plus souvent mais parfois porteurs de façon à constituer l'ossature du bâtiment.

On distingue parfois :

– les rayonnages légers avec une charge par niveau de pose comprise entre 50 et 400 kg ;

– les rayonnages moyens entre 200 et 650 kg ;

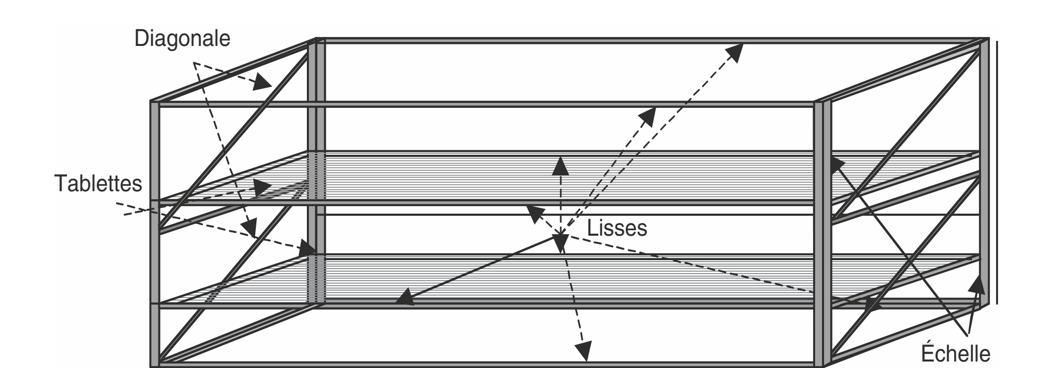


Figure 6.24 – Modèle de rayonnages du stockage statique.

– les rayonnages lourds avec une charge supérieure à 1 000 kg (Batteux, 2000).

Les rayonnages peuvent supporter des tablettes ou des râteliers, recevoir des conteneurs ou des palettes, mais de toute façon ils sont l'objet d'une ingénierie spécialisée très technique, bien qu'il n'existe aucune norme ou disposition réglementaire spécifique. Bien entendu, l'employeur est responsable de l'outil de travail qu'il fournit à ses salariés et le maître d'œuvre se doit de respecter les règles de l'art. Il en existe d'ailleurs de deux origines différentes, les unes déterminées par le SIMMA (Syndicat des industriels des matériels de manutention), avec le concours de l'INRS et du COPREC et d'autres, plus contraignantes, les FEM 10.2.02, définies par la Fédération européenne de la manutention (Batteux, 2000).

■ Les palettiers

Dans un palettier, on peut disposer les palettes :

– soit par leur largeur à 2 ou 3 entre deux échelles ;

– soit par leur longueur par 2 (ou 3 si elles sont légères), ce qui facilite la recherche des articles si l'on doit faire du *picking* dans les palettes et facilite les manœuvres avec chariots élévateurs ;

– soit pour des palettes lourdes à raison d'une seule palette longitudinale entre deux échelles ; les lisses sont alors remplacées par des cornières le long des échelles : on parle alors de « rayonnage monoplace » par opposition aux précédentes appelées « rayonnages multiplaces ».

Avec un rayonnage monoplace, on peut avoir un palettier dans lequel il est possible d'entrer à l'intérieur avec un chariot élévateur (tant que le palettier n'est pas rempli !). Il faut évidemment ressortir en marche arrière. Selon que l'on peut accéder par un côté ou par les deux, on parle de rayonnage à 1 entrée ou à 2 entrées. À 2 entrées, on peut en consacrer une au stockage et l'autre au déstockage, au moins partiellement.

On ne peut naturellement accéder qu'aux palettes qui sont au premier rang pour chacune des entrées. En pratique on ne stockera dans une allée que des palettes de marchandises identiques. L'attribution automatique par ordinateur d'un emplacement dans le palettier est différente du cas d'un palettier multiplace puisqu'il ne faut pas attribuer une place disponible mais une place disponible et accessible dans un ensemble de places affectées à un même article.

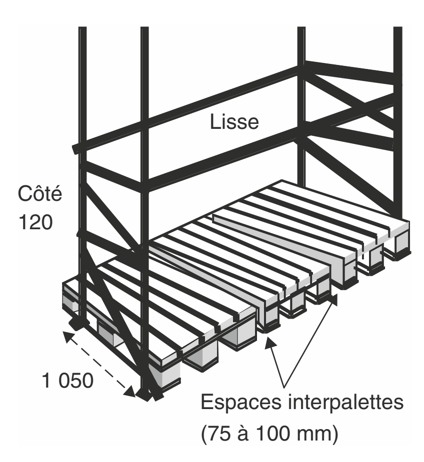


Figure 6.25 – Palettier.

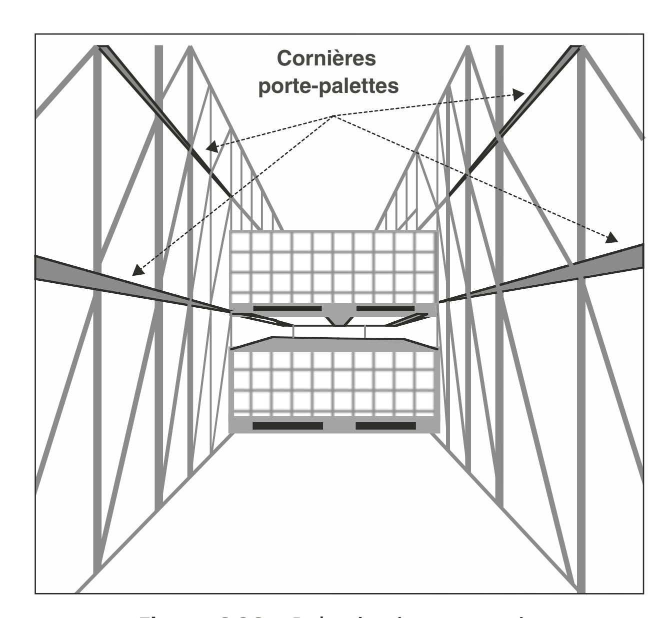


Figure 6.26 – Palettier à une entrée.

On notera que les palettes doivent être de très bonne qualité puisqu'elles ne sont soutenues que sur leurs côtés.

■ Les rayonnages doubles

Le rayonnage double consiste à construire deux rayonnages l'un à côté de l'autre reliés par des entretoises. Le plus souvent, ils sont accessibles chacun par son allée.

On peut aussi avoir un stockage de palettes en double profondeur et donc construire des rayonnages quadruples entre deux allées mais les chariots doivent avoir une fourche spéciale capable d'aller prendre une palette en double profondeur.

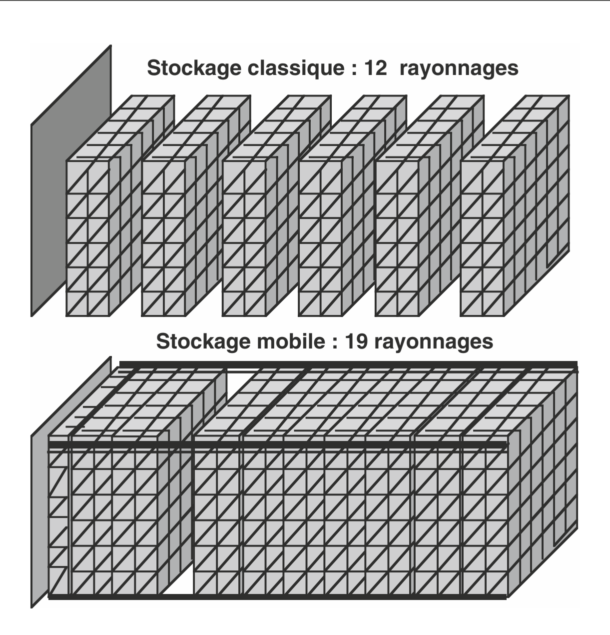


Figure 6.27 – Stockage classique et stockage mobile.

6.5.3 Le stockage mobile

Le rayonnage à étagères ou à palettes qui supporte le produit se déplace avec des galets d'acier sur des rails en profilés acier qui peuvent être ou non encastrés dans le sol, et un entraînement mécanique manuel – à volant démultiplicateur – ou motorisé permet de déplacer une rangée complète du rayonnage posée sur un chariot en mécano-soudé. On gagne alors l'espace des allées puisqu'il suffit alors d'une seule pour un ensemble de rayonnages. On utilise de telles solutions lorsque le coût du mètre carré de stockage est très élevé et que les articles ont peu de mouvements, par exemple pour des archives que l'on veut conserver dans un espace restreint en centre ville.

6.5.4 Le stockage rotatif horizontal ou vertical

Avec le stockage rotatif vertical, le plus fréquent, les articles sont rangés dans des casiers ou bacs de rangement supportés par des balancelles qui se déplacent à partir de chaînes sans fin tournant entre deux axes horizontaux distants de plusieurs mètres. L'appel de la nacelle ou de l'article sur un clavier permet, en faisant tourner la chaîne et donc les balancelles, de les faire parvenir devant l'opérateur. Ce type de système est très utilisé pour de petites pièces, mécaniques ou électroniques, ou encore pour des produits pharmaceutiques et diminue les temps de recherche ainsi que la surface accessible nécessaire. Le stockage rotatif horizontal se réalise lui sur un carrousel avec des panières en fil pendues à un rail et circulant en boucle.

Les *tours de stockage* (*shuttle*) constituent une extension du stockage rotatif vertical avec des hauteurs plus importantes et des techniques plus sophistiquées. Une application nouvelle de telles tours est envisagée dans le cadre

du e-commerce pour mettre à disposition des consommateurs, 24 heures sur 24, les produits qu'ils ont achetés par Internet en installant ces tours dans des parkings urbains ou périphériques.

Il existe également des *distributeurs d'outils*, tels le Supply point d'Electroclass, qui permettent de délivrer des outils dans des ateliers en enregistrant alors systématiquement les opérations de retrait et de restitution des agents de maintenance ou de production.

6.5.5 Le stockage dynamique

Ce mode de stockage est constitué de blocs de stockage plus ou moins longs où les palettes ou colis de même nature sont disposés les uns derrière les autres, soit sur des roulements formant un plan légèrement incliné, soit sur un transporteur horizontal. À la face avant, on peut prélever palettes ou colis ou une partie de leur contenu. Chaque fois qu'une palette ou un colis est enlevé, soit qu'on le prélève tout entier, soit qu'on l'enlève parce qu'il est vide, les autres palettes ou colis du bloc de stockage se déplacent d'un élément. On peut alimenter chacun des blocs par la face arrière, séparant ainsi préparation de commande et réapprovisionnement avec seulement deux allées, quelle que soit la profondeur des blocs de stockage. À condition de n'avoir à traiter en quantités importantes qu'un petit nombre de palettes ou de colis identiques (Articles A et B de l'analyse ABC), on réalise ainsi un important gain de place de stockage et une diminution importante des déplacements lors de la préparation des commandes, avec en outre un système FIFO de sortie. On peut disposer de tels systèmes de stockage à proximité immédiate des quais de chargement pour la face avant et de déchargement pour la face arrière.

Pour les charges légères en boîtes de carton ou bacs, ces systèmes de stockage dynamique pour le *picking* sont réalisés par gravité à partir de couloirs de 3 à 6 m, souvent à inclinaison variable réalisés avec des galets ou des rouleaux en matière plastique ou en acier. Pour des palettes ou des charges lourdes, les systèmes de roulement par gravité doivent être contrôlés (freins) ou remplacés par des systèmes de manutention horizontaux.

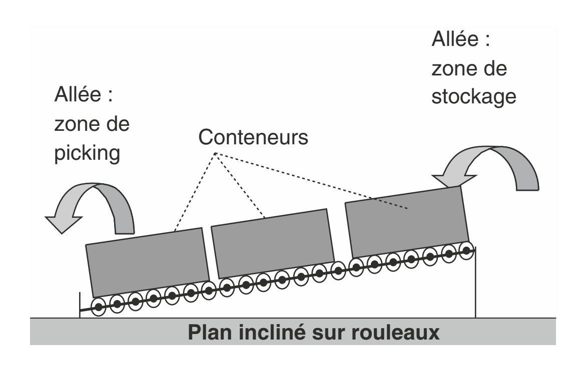


Figure 6.28 – Exemple de stockage dynamique.

6.5.6 Les systèmes de grande hauteur automatiques : les transtockeurs

Relativement peu répandus en France, ils sont au contraire très utilisés, comme le souligne François Mondou, aux États-Unis, en Allemagne et au Japon par de très grandes entreprises. Les transtockeurs sont des engins conçus pour travailler uniquement dans les allées d'un palettier, certains modèles permettant cependant de les faire changer d'allée. Ils se déplacent dans des allées étroites (1 m à 1,2 m) à l'aide de deux rails, l'un au sol, l'autre en partie haute et qui guide le mât le long duquel se déplacent les fourches permettant de stocker et déstocker des charges. Aux extrémités des allées, un convoyeur d'entrée et un convoyeur de sortie permettent d'apporter ou de récupérer les palettes.



Figure 6.29

Certains transtockeurs sont manuels : un opérateur commande les opérations à partir d'une cabine qui se déplace au niveau des fourches. Ces transtockeurs ne dépassent pas une hauteur de prélèvement d'environ 15 mètres pour des vitesses maximales de translation de l'ordre de dix kilomètres heure avec des charges dépassant rarement la tonne (Roux, 2003). D'autres sont automatiques et peuvent atteindre jusqu'à 45 mètres avec des charges qui peuvent atteindre plusieurs tonnes.

C'est le cas du site de Carrefour presté auprès de la société ND Logistique qui gère l'ensemble des produits textiles du groupe pour les quelque 220 hypermarchés du groupe sachant que Carrefour est le 1er vendeur de textile en France. Les produits proviennent quasi exclusivement en containers des pays producteurs, Chine, Bengladesh, Turquie, Égypte, Inde et sont stockés avant d'être redistribués. Plusieurs solutions de convoyage, de stockage et de préparation de commandes ont été choisies et implantées telles qu'un transtockeur pouvant accueillir 83 000 palettes complètes, des norias automatiques de palettes et des systèmes de préparation à gares. Quelques chiffres clefs montrent le caractère quasi industriel d'un tel site qui est opérationnel depuis 2001 : 90 000 m^2 de surface au sol pour 220 000 m^2 de surface déployée à l'intérieur du bâtiment, un flux de plus de un demi-million de palettes par an.

Le contrôle de la qualité du *picking* et de la manutention est un des éléments clefs que l'on peut réaliser à partir de lectures des codes à barre ou de contrôles pondéraux : par exemple, vérification du poids du colis à partir du poids des composants et de son emballage.

Tout cela s'organise autour de moyens informatiques tels que lecteurs d'étiquettes codes à barre, calculateurs, etc. Un des outils de base des entrepôts automatisés est le matériel de tri. À partir d'étiquettes disposées sur chaque colis et que lit un lecteur de codes à barres, le système peut éjecter le colis vers un poste de chargement ou de palettisation. Au lieu de colis, on peut trier des bacs ou des plateaux. Les colis peuvent être des colis que l'on veut répartir entre diverses tournées sur une plate-forme de livraison et provenant, par exemple, de l'éclatement de palettes ou être des colis provenant d'un ou plusieurs postes de préparation et rassemblant, par exemple, des éléments provenant de *picking*.

6.6 Emballage et conditionnement

Il ne faut pas confondre l'emballage et le conditionnement bien que la terminologie ne soit pas toujours fixée.

On peut distinguer :

– le conditionnement primaire qui contient directement le produit ;

– le conditionnement secondaire qui protège le premier et joue un rôle promotionnel ;

– le conditionnement tertiaire ou d'expédition qui regroupe des produits et sert au transport, à l'identification et au stockage ;

– l'emballage de transport qui permet la manutention et le transport en protégeant la marchandise contre les risques.

Les coûts du conditionnement et de l'emballage peuvent être très importants pour certains produits : par exemple dans le coût d'une bouteille d'eau, il y a environ : 7 à 8 % d'eau, 10 % de charges de structure, 15 % de transport, 40 % de conditionnement, 2 à 3 % d'étiquette, 2 à 3 % de bouchon, et 2 à 3 % de palette.

6.6.1 Choix d'un emballage

Si le choix des conditionnements ressort directement du marketing, le choix d'un emballage est aussi une décision importante car il conditionne les modes de transport retenus et doit d'autre part protéger contre les différents risques que court la marchandise pendant le transport :

– perte ;

– avarie (coup de fourche de chariot, écrasement, chute, etc.) ;

– mouille (pluie, embruns, inondations, humidité, etc.) ;

– chaleur ou froid ;

– vol (25 % des avaries à l'international).

Ces risques doivent être évalués par rapport à la nature de la marchandise, aux destinations prévues, aux modes de transport envisagés et à leurs ruptures de charge. Un envoi par camion vers une plate-forme de distributeur à quelques centaines de kilomètres en France ne demande pas le même emballage qu'un envoi par bateau vers un pays africain avec rupture de charge au port de chargement et déchargement. Cependant s'il s'agit de transporter des produits de grande valeur (cartes téléphoniques, téléphones mobiles, tabac, etc.), il est évident que des précautions particulières doivent être prises même pour un simple trajet en France.

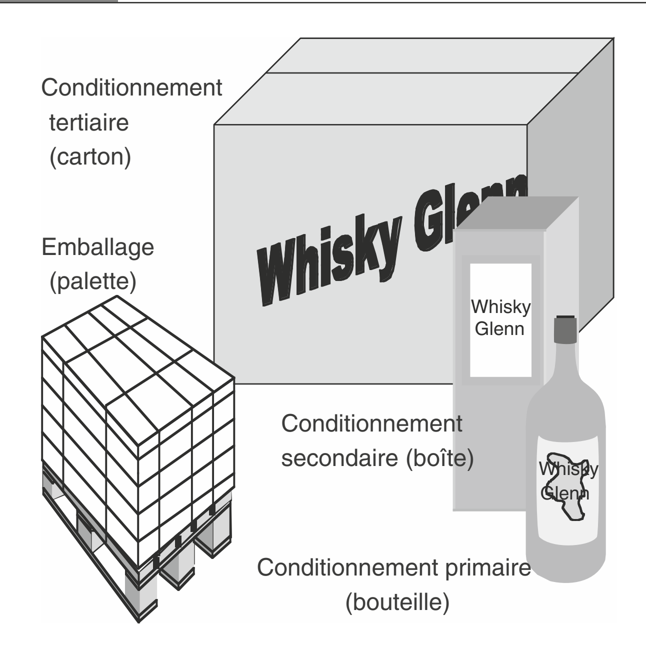


Figure 6.30 – Emballage et conditionnement.

Les conséquences de la réalisation de ces risques peuvent être importantes :

– perte de la marchandise non remboursée par le transporteur ou l'assureur s'ils prouvent que la perte résulte d'un défaut d'emballage ;

– obligation de livrer le même produit au client par le moyen le plus rapide – et donc coûteux ;

– perte d'image de marque et insatisfaction du client.

Une bonne protection contre ces risques coûte plus ou moins cher ; elle s'obtient par :

– un choix d'emballage et la qualité de sa réalisation ;

– la certification éventuelle de l'emballage pour éviter qu'on l'accuse en cas d'avarie ;

– une assurance d'autant plus chère que les risques sont plus grands (bonus possibles).

Il arrive que des entreprises de distribution ou même de petites entreprises de production se refusent à utiliser d'autres emballages que les emballages d'origine des matériels qu'elles distribuent, ce qui est économique mais peut être à la fois une perte de temps importante pour devoir adapter des emballages aux colis qu'elles réalisent et une perte de qualité pour le transport et la manutention.

On notera par ailleurs que dans le cas d'avaries, les transporteurs peuvent mettre en cause la qualité de l'emballage pour se libérer de leur responsabilité. C'est le cas particulièrement en transport international y compris le transport routier avec la convention de Genève CMR. La protection du donneur d'ordre est alors de pouvoir exciper d'une certification d'emballage. Par ailleurs la qualité de l'emballage joue sur les coûts de transport, de stockage, de manutention et aussi d'assurance.

6.6.2 Certification des emballages

Le Syndicat des emballeurs industriels propose un cahier des charges pour les emballages revêtus de la marque SEI. Il offre une garantie d'emballage dans la limite de la valeur des marchandises emballées à l'exclusion du préjudice commercial, moral ou indirect dans certaines limites. Cette garantie est limitée à la durée du voyage jusqu'à ouverture de l'emballage (y compris en douane).

On peut également faire tester les emballages par le Laboratoire national d'essais (à Trappes) qui donne :

– soit une attestation de garantie, à produire en cas de contestation après avarie ;

– soit un Certificat international de garantie d'emballage (CIGE) par lequel les assureurs français renoncent à se prévaloir des conclusions éventuelles d'un expert d'avarie étranger faisant état d'un défaut d'emballage, ce qui est une garantie importante car nombre d'experts dans certains pays mettent volontiers en cause la qualité de l'emballage dans l'intérêt de leurs clients locaux importateurs.

6.6.3 Catégories d'emballages

Le tableau 6.5 montre les principales catégories d'emballages préconisées par le Syndicat des emballeurs industriels (SEI).

Un industriel a intérêt à consulter en ce domaine les organismes et syndicats professionnels spécialisés :

– SEI (Syndicat de l'emballage industriel) – www.sei-france.org

– SYPAL (Syndicat national des fabricants de palettes en bois)

– SYNAREP (Syndicat national des recycleurs de palettes) – www.synarep.com

Tableau 6.5 – Principales catégories d'emballages préconisées par le SEI.

Catégorie 1 – Berceaux	Matériels non fragiles de poids et encombrement importants	Colonnes, ballons, tours, condenseurs, etc
Catégorie 2 – Fardeaux	Tuyauteries ou charpentes droites sans protection particulière	Tuyauteries, charpentes ouvrées, tôles, etc.
Catégorie 3 – Caisse claire voie	Matériels chaudronnés avec éléments extérieurs	Mécanique générale, tuyauteries fragiles, robinetterie, verrerie, etc.
Catégorie 4 – Caisse pleine	4.1. Sans protection physicochimique 4.2. Protection de contact 4.3. Étanchéité au ruissellement	Matériels mécaniques, électriques, électroniques, etc.

Tableau 6.5 (suite) – Principales catégories d'emballages préconisées par le SEI.

Catégorie 5 – Caisse pleine	Barrière étanche avec déshydratant	Matériels mécaniques, électroniques, de laboratoire, verrerie fragile, etc.
Catégorie 6 – Caisse, contre-caisses + amortissement	6.1. Sans protection 6.2. Barrières + déshydratant	
Catégorie 7 – Douvage	Câbles sur tourets	
Catégorie 8 – Produits spéciaux	Liquides Produits pondéreux	

6.6.4 Étiquetage

Pour assurer le transport et le stockage, le produit doit être étiqueté en plus des conditionnements primaires et secondaires :

– par carton (conditionnement tertiaire) ;

– par palette ou conteneur (emballage).

Des étiquettes avec code à barres ont été définies par GENCODE–EAN France aux formats A5 (1 148-210 mm) et A6 (105-7 mm). On en trouvera un exemple ci-dessous (figure 6.30) qui comprend les zones suivantes :

– la zone personnalisée de l'entreprise ;

– une zone centrale réservée aux informations en clair ;

– la zone inférieure réservée aux codes à barres.

Les codes à barres comprennent :

– le numéro séquentiel du colis : SSCC (*Serial Shipping Container Code*) ;

– le code de l'unité logistique ;

– les autres informations en clair.

Voir le chapitre 17 sur l'étiquetage normalisé.

Par ailleurs il est important que tous les colis portent en plus des étiquettes des pictogrammes précisant les conditions de manutention et de stockage. Une norme ISO 780-1983 propose des recommandations :

– Tous les colis et les caisses doivent porter un numéro constitué d'une fraction avec au numérateur le numéro du colis et au dénominateur le nombre total de colis.

– Les dimensions sont exprimées en centimètres et les poids en kilogrammes.

– Les marques figurent sur 2 ou 3 côtés de l'emballage.

L'ONU a classé 300 marchandises dangereuses en 9 classes : chacune est l'objet d'un numéro à 4 chiffres et décrit les normes de classement ainsi que les épreuves de contrôle des emballages dans le document ONU/ST/SG/ACTO « Recommandations élaborées par le Comité d'experts en matière de transports de marchandises dangereuses ».

On doit trouver sur chaque colis contenant de telles marchandises dangereuses :

FROM : Fabricants réunis
ZI Bonne Pratique
69130 Ecully

TO : Distributeur
rue de l'Entreprise
92100 Boulogne

Consignement (N° expédition)
30145312001001234567 8
EAN N°
2345120012346
BestBefore (DLUO)
26-10-2001
SSCC
3 345312 123567890 0

Ship to post (code postal)
92100

LOT
3725YB

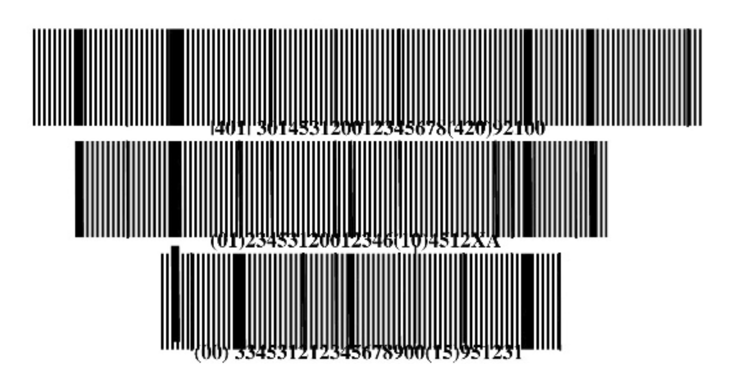


Figure 6.31 – Exemple d'étiquette avec codes à barres.



Figure 6.32 – Pictogrammes ISO.

– Une étiquette signalant le danger.

– L'identification du produit.

– Les informations de certification de l'emballage.

– Le nom du pays où ont été faits les essais.

– Le nom du laboratoire d'essai.

– Le numéro de référence de l'épreuve.

– Le nom du fabricant de l'emballage.

Des marques standard de colis sont définies du type :

– UN pour Nations unies

– 4G = codification des caisses cartons

– Y = groupe d'emballage

– 15 = masse brute maximale

– S = solides en vrac

– 02 = année de fabrication

Les groupes d'emballage sont :

– I produits très dangereux marque X ;

– II produits moyennement dangereux marque Y ;

– III produits peu dangereux marque Z.

Les diverses réglementations de transport se sont alignées sur ces recommandations et il faut consulter chacune ; en plus des réglementations nationales, on trouve les réglementations internationales suivantes :

– IMDG (International Maritime Dangerous Goods Codes) : Code maritime international des marchandises dangereuses.

– Règles de sécurité applicables au transport des marchandises dangereuses par voie aérienne.

– Règlement international concernant le transport des marchandises dangereuses par chemin de fer (RID).

– Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR).

– Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voie de navigation intérieure (ADN).

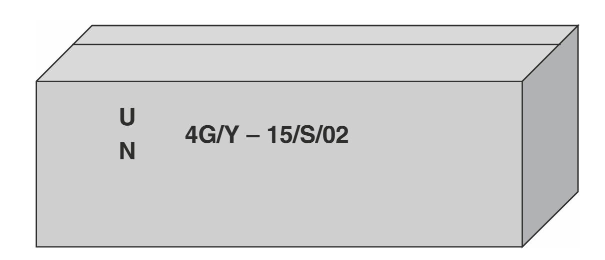


Figure 6.33 – Marque standard de colis.

Nous développerons les éléments de codification EPC (*Electronic Product Code*) qui apportent des éléments nouveaux et essentiels à la gestion des chaînes logistiques internationales et également les fonctionnalités des systèmes WMS (*Warehouse Management System*) qui soutiennent l'ensemble des activités au sein des sites logistiques.

6.6.5 Les palettes

■ Principe et variétés

Plateau rectangulaire aux dimensions standardisées, le plus souvent en bois, sur lequel on peut poser une certaine quantité de marchandises, la palette constitue une unité de charge manipulable et déplaçable avec un chariot élévateur à fourche ou un transpalette. Les palettes sont avec les chariots élévateurs ou transpalettes qui servent à les manipuler, la base même de la logistique moderne et leur gestion mérite un examen attentif. Elles doivent être munies d'une étiquette de transport car elles constituent physiquement un conditionnement de transport et juridiquement un « colis » pour les contrats types de transport routier de marchandises.

Il existe de nombreux modèles de palettes mais la plus courante en France est la palette EURO (80 × 120) (figure 6.34). Elle a été adoptée par 18 réseaux ferrés européens et on l'appelle souvent « palette SNCF » en France. Elle porte le sigle EUR et en transport par voie ferrée l'estampille du réseau de chemin de fer correspondant.

Elle est dite à 4 entrées car elle peut être prise avec une fourche de chariot élévateur par chacun de ses côtés. Cependant comme elle possède des contre-planches sous les côtés longitudinaux, on ne peut procéder à un prélèvement transversal avec un transpalette à bras porteur qui doit glisser le bras sous la palette avant de l'élever pour la porter.

La palette EURO peut être chargée par 33 (non superposées) sur une remorque standard « Savoyarde ». Comme elle n'a pas de contre-planche sur son petit côté, on peut utiliser un transpalette pour les charger ou les décharger par l'arrière d'un camion alors qu'elles sont rangées par 3 sur leurs petits côtés.

On utilise en Europe continentale des palettes EURO de 0,8 m × 1,2 m alors qu'au Royaume-Uni et aux États-Unis on utilise des palettes ISO de 1 m × 1,2 m peu différentes des palettes standard de 40 sur 48 pouces

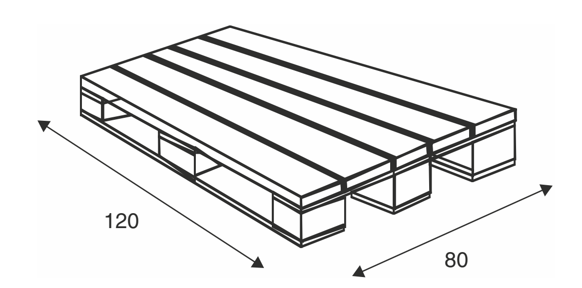


Figure 6.34 – Palette EURO.

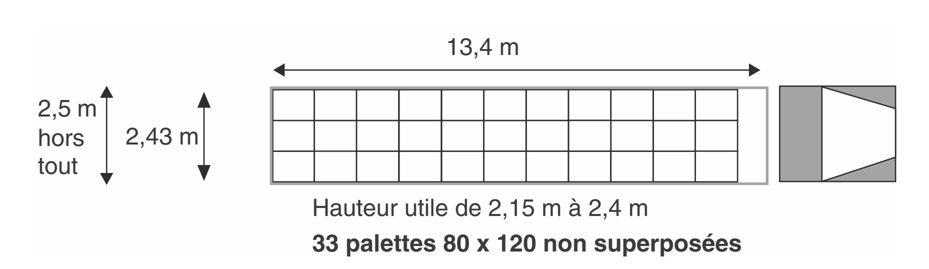


Figure 6.35 – Remorque Savoyarde.

(101,6 cm × 121,92 cm) et en Australie des palettes de 46 sur 46 pouces. On peut remarquer que les palettes ISO ont une surface de 25 % supérieure aux palettes EURO ce qui fait que chaque opération de manutention avec une palette EURO est plus coûteuse d'environ 25 % car les coûts sont à peu près les mêmes : un chariot + un manutentionnaire. Le coût d'emballage est lui aussi supérieur pour la palette EURO. Pour le stockage, la différence est moins considérable avec un rapport de surface de palettes à la surface au sol de 1,3[1] pour 3 étages de palettes contre 1,26 pour la palette EURO. Pour le transport, on peut mettre 26 palettes ISO dans une remorque Savoyarde au lieu de 33 palettes EURO mais la surface utilisable est à peu près la même soit 31,2 m^2 contre 31,68 m^2. L'Australie a un standard de 48 × 48 pouces encore plus avantageux.

Il existe bien d'autres types de palettes, en plus des palettes ISO ou anglo-saxonnes :

– Les subdivisions de la palette EURO : 80 × 60, 60 × 40…

– La palette chimie (CP pour *Chemical Pallet*) : 9 palettes multirotations standardisées de CP1 à CP9 dont la CP9, la plus utilisée, en 110 × 130.

– La palette ciment (ciment, plâtre, chaux, etc.) : 10 modèles dont le 100 × 120.

– La palette papier adaptée aux formats de papier.

– La palette GALIA (Groupement pour l'amélioration des liaisons de l'industrie automobile) : 3 types de palettes dont 2 modèles 1 000 × 1 200 et un modèle 600 × 800.

– La palette VMF (Verreries mécaniques de France) dont la palette VMF D3071 à 4 entrées 1 000 × 1 200 gérée par un pool VMF.

– Des palettes containers gerbables comprenant trois parois pleines ou à treillis avec une armature à angles profilés et une paroi rabattable ou la palette-caisse à treillis en acier maintenus par des cornières, etc.

On peut également distinguer les palettes selon leur matériau et leur fabrication :

– les palettes EUR/EPAL en bois réalisées par des constructeurs agréés selon des normes de qualité ; ces palettes qui permettent une trentaine de rotations peuvent être échangées dans le cadre du système EPAL (voir *infra*) ;

1. Pour 2 fois 3 palettes ISO en largeur, soit 1 × 1,2 × 6 = 7,2 m^2, le long d'une allée de 2,5 m, la surface au sol correspond à une largeur de (1 × 3) + (0,075 × 4) = 3,3 m et une longueur de (1,2 × 2) + 2,5 + (0,075 × 2) = 5,05 m, soit 16,7 m^2 : le rapport de la surface au sol est alors de 0,43.

– les palettes perdues (dites encore à « unirotation ») en bois mais de qualité inférieure qui peuvent réaliser une ou deux rotations et sont naturellement fragiles ; on les proscrit le plus souvent pour des stockages automatiques ou en hauteur ;

– les palettes en bois moulé constitué de particules de bois liées avec une résine ; la forme est obtenue par moulage à haute température et elles peuvent s'emboîter les unes dans les autres ce qui diminue leur volume pour les trajets de retour ; en revanche, elles ne sont pas réparables et ne doivent pas être exposées aux intempéries ;

– les palettes en polystyrène expansé ;

– les palettes en polyéthylène haute densité souvent équipées de renforts métalliques et plus chères ; ces palettes en plastique ne sont pas réparables mais sont réutilisables et permettent de respecter de meilleures conditions d'hygiène, ce qui est important pour les denrées alimentaires car elles peuvent être source de contagion ;

– les palettes métalliques en acier ou en aluminium dont il est encore plus facile d'assurer la propreté, utilisées surtout dans les industries pharmaceutiques ou agroalimentaires ;

– les palettes en carton particulièrement légères et utilisées souvent en PLV ou pour les expéditions par voie aérienne ;

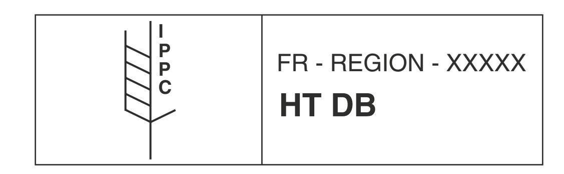
– la caisse palette : caisse souvent en bois avec une base permettant la saisie avec une fourche ;

– la box-palette : récipient métallique avec une anse de palette permettant un gerbage systématique, etc.

■ Le traitement des palettes en bois

La directive IPPC (*Integrated Pollution Prevention and Control*) oblige le traitement préventif des palettes en bois avant leur exportation vers le Canada, les États-Unis, le Mexique, la Chine et la Corée depuis le 2 janvier 2004, afin de préserver les forêts de ces pays d'éventuelles contaminations dues aux insectes du bois.

La mention IPPC accompagnée du sigle doit figurer sur le socle des palettes traitées. De même les indications à côté du sigle permettent désormais de remonter jusqu'au fabricant de la palette : FR pour France avec la région et le n° de certification du fournisseur de palette, HT for *heat treated*, DB for *debarked*. La nouvelle technique de traitement la plus courante consiste à passer les palettes dans un four à 60° pendant une heure afin d'éliminer les insectes nuisibles dans le bois.



6.6.6 La gestion des palettes

La gestion des palettes peut être effectuée de différentes façons.

■ **En gestion interne par leur propriétaire**

Ce sont généralement des palettes haut de gamme qui ne quittent pas l'entreprise qui en est propriétaire ; il en est ainsi particulièrement des palettes captives qui restent dans un entrepôt.

■ **En palette perdue**

Les palettes perdues sont facturées au destinataire qui en devient propriétaire avec la marchandise.

■ **Par échange standard**

L'échange de palettes peut se faire soit compte pour compte à la livraison, soit en différé.

Dans tous les cas le transporteur doit reprendre les palettes et les retourner, prestation qui n'est pas toujours payée. Il faut que ces palettes soient de qualité équivalente et permettent d'effectuer suffisamment de rotations ; dans le cadre du guide des bonnes pratiques logistiques établi par la commission logistique de l'ANIA, un accord a été signé entre l'ANIA, l'Antrodep, le CFCA, la CLTI, le FCD, la FFOCT, la FNTR, le GRDP, Transfrigoroute et l'Unostra pour respecter les règles suivantes :

– L'industriel fabricant met la palette sur le marché avec son produit et achète uniquement des palettes EUR/EPAL.

– Lors des échanges les palettes doivent être de qualité EUR/EPAL et en bon état.

– Les réparations doivent être effectuées par le possesseur de la palette chez un réparateur agréé PAL.

■ **Par consignation**

La palette reste la propriété de l'expéditeur qui la consigne au destinataire ; l'expéditeur rembourse la consignation lorsqu'il récupère la palette en retour. Cette procédure est relativement peu pratiquée.

■ **Par location**

L'industriel loue à un propriétaire de parc de palettes, les palettes qui lui sont nécessaires ; chaque fois qu'il expédie ses marchandises avec ces palettes, il informe le loueur de leur destination ; il appartient à ce dernier de récupérer ses palettes et de les faire réparer éventuellement avant de les remettre en circulation ; trois sociétés se partagent ce marché en France :

– Chep France avec ses « palettes bleues » et les « palettes vertes » de LSM qu'il a racheté ; filiale du groupe australien CHEP, il gère un parc de 10,5 millions de palettes bleues et 2,5 millions de palettes vertes dans 17 dépôts ;

– LPR (Logistic Packaging Return) avec 2,5 millions de « palettes rouges » ;

– Logipal qui fait aussi de la gestion de parc.

■ **Par gestion de parc**

Le gestionnaire ne possède pas les palettes mais gère le parc de palettes de ses clients comme un loueur gère son propre parc ; il peut même gérer en commun les parcs de différents clients. Les principaux gestionnaires

sont : Logipal qui fait aussi de la location, PRS Management BV et Unibois PMS.

L'association EPAL (European Pallet Association – www.EUROPAL.net) assure la promotion des palettes EUR marquée EPAL ou vérifiée aux normes EPAL, palettes dites EUR/EPAL (EUR et EPAL sont des marques déposées de EPAL). Il en existe en Europe 15 millions d'unités. L'association française correspondante de l'EPAL est QUALIPAL. Sous son égide a été établie une charte interprofessionnelle entre les organisations représentatives des industries alimentaires, transports et prestations logistiques et distribution.

Les partenaires s'engagent à :

– Acheter des palettes neuves 800 × 1 200 EUR/EPAL, auprès des fabricants agréés « EPAL » et justifiant de leur dernier certificat de contrôle EPAL.

– S'approvisionner en palettes d'occasion 800 × 1 200 EUR/EPAL (ou les vendre) auprès des négociants et réparateurs agréés EPAL et justifiant de leur dernier certificat de contrôle EPAL.

– Obtenir de leurs fournisseurs de palettes l'engagement contractuel de ne pas acheter des palettes 800 × 1 200 EUR/EPAL sans facture (facilité temporaire en attente de la réponse du service de la législation fiscale).

– Demander à leurs fournisseurs français mais aussi étrangers de leur transmettre leurs produits sur des palettes 800 × 1 200 EUR/EPAL.

– Accepter les critères qualitatifs d'échange des palettes 800 × 1 200 EUR/EPAL, définis par EPAL.

– Prévoir dans le contrat de transport ou dans un contrat séparé les règles d'échange et de retour des palettes.

– Pour les opérateurs responsables du chargement ou du déchargement, s'assurer de la qualité, c'est-à-dire du bon état général des palettes 800 × 1 200 EUR/EPAL chargées ou déchargées.

– Après contrôle contradictoire au chargement ou déchargement, prévoir un système de décompte des palettes non conformes.

– Respecter la règle d'échange en nombre « 1 pour 1 », sans préjudice de l'acceptation éventuelle d'un « taux d'usure » à négocier entre les partenaires, en fonction du rythme constaté d'usure, de salissure, de casse ou de rotation des palettes, ou au contraire en fonction d'un niveau particulier de qualité de palettes requis par un des partenaires.

– Procéder à l'échange, dès le chargement ou le déchargement ou après un délai de distribution négocié entre les partenaires, en respectant les critères EPAL.

– Procéder à un contrôle contradictoire du document d'accompagnement des palettes, dès réception sur site pour éviter des temps d'attente excessifs.

– Tenir une comptabilité palettes faisant apparaître pour chaque partenaire, au jour le jour, les entrées, les sorties, les casses de palettes EUR/EPAL et procéder, selon une fréquence à déterminer, à la régularisation des soldes de palettes.

Les coûts comparés de la gestion des palettes selon les différents modes ont donné lieu en 2001 à une étude de l'Observatoire régional des transports d'Aquitaine ; cette étude a l'avantage d'évaluer ces coûts pour les différents participants à la *supply chain* (tableau 6.6).

Tableau 6.6 – Coûts comparés de la gestion des palettes.

	Palettes			
	Perdues	EUR	Location	Gérées
Industriel	25,90	10,91	20,40	19,06
Transporteur	0,40	11,25	0,40	0,40
Distributeur	3,40	5,25	3,25	3,25
Total	29,70	27,41	24,05	22,71

La part des palettes perdues a diminué progressivement de 70 à 60 % en 10 ans, ce qui s'explique par son coût particulièrement pour les industriels. Les distributeurs tendent à restreindre l'usage des échanges de palettes EUR qui leur coûtent plus cher. Il en est de même des transporteurs qui doivent le plus souvent assurer gratuitement le retour des palettes EURO vers le fabricant.

La gestion de parc est un marché en croissance.

6.6.7 Comment fixer les marchandises sur les palettes ?

Il est essentiel que les marchandises ne glissent pas de la palette. Il existe différents systèmes de fixation :

– en cerclant les marchandises avec une corde, une lanière extensive ou une sangle textile à boucle de tension ;

– en posant des grilles antiglissantes entre les différentes couches de produit ;

– en collant les cartons les uns aux autres à l'aide d'une colle auto-cassante qui permet de défaire ensuite le chargement mais permet des inclinaisons de la charge jusqu'à 45° ; il existe des colles que l'on chauffe et d'autres aqueuses pulvérisables ou applicables au pinceau ;

– en cerclant la charge à l'aide de feuillards textile ou acier à condition de protéger les marchandises fragiles (profilés et coins en carton, cornières, etc.) ;

– en enveloppant la charge avec un film thermorétractable qui présente l'avantage de protéger contre la pluie et la poussière. Pour une utilisation peu intensive, on peut utiliser des housses par palettes ou des rouleaux de film et un pistolet à gaz. Les palettes standards peuvent être filmées par des banderoleuses avec un système d'étirage et un film étirable transparent ou opaque mais le film étiré peut aussi être posé à la main avec une bobine spéciale. Il existe aussi des coiffes de palette.

6.6.8 Les conteneurs maritimes

Un conteneur (en anglais *container*) est un « emballage de transport ayant un caractère permanent et suffisamment résistant pour permettre un usage répété, spécialement conçu pour faciliter le transport des marchandises sans ruptures de charge par un ou plusieurs moyens de transport, muni de disposi-

tifs le rendant facile à manipuler notamment lors de son transbordement d'un moyen de transport à l'autre, conçu de façon à être facile à empoter et à vider, ayant un volume intérieur d'au moins 1 m³ ».

Les conteneurs ISO les plus courants sont de 8' de large, 20' ou 40' de long, 8' ou 8'6'' ou 0'6'' de haut. Ils constituent le meilleur emballage du transport maritime avec ses ruptures de charge en assurant :

– une protection contre l'eau et l'humidité ;

– une protection contre le vol ;

– une protection contre les chocs ;

– une facilité de manutention.

Ils permettent en outre un transport par voie ferrée et dans une moindre mesure par camion avant et après le transport maritime.

Les dimensions et les caractéristiques générales des conteneurs sont définies par une norme ISO (tableau 6.7).

Tableau 6.7 – Dimensions et caractéristiques générales des conteneurs.

	Dimensions extérieures			Capacité Masse brute (max ISO)	Type
	Longueur	Largeur	Hauteur		
20'	6 058 mm 19'10''5	2 438 mm 8'	2 438 mm 8'	20 320 kg 44 800 lbs	Usage général Frigorifique Isotherme Citerne Plate-forme Toit ouvert
40'	6 058 mm 19'10''5	2 438 mm 8'	2 591 mm 8'6''	30 480 kg 67 200 lbs	Usage général Frigorifique Isotherme Plate-forme Toit ouvert
	12 192 mm 40'	2 438 mm 8'	2 438 mm 8'		
	12 192 mm 40'	2 438 mm 8'	2 591 mm 8'6''		
	12 192 mm 40'	2 438 mm 8'	2 676 mm 9'6''		

Le remplissage d'un conteneur s'appelle l'« empotage » pour le distinguer des opérations de chargement et déchargement du conteneur lui-même. Son empotage demande un *know-how* que l'on ne doit pas sous-estimer car il est la condition de l'arrivée des marchandises en bon état à la fin du transport.

6.6.9 Les conteneurs aériens

Les marchandises transportées par avion doivent voyager sous des emballages particuliers, tout au moins pour bénéficier de conditions tarifaires intéressantes :

– LD (*United Load Devices*), sortes de palettes avec filet de dimensions standardisées et de hauteurs variables selon les types d'appareils : 2,24 m × 3,18 m ; 2,24 m × 2,74 m ; 2,44 m × 3,18 m ; 2,44 m × 6,05 m ;

– conteneurs propres à chaque type d'avion et de soute ; ces conteneurs en aluminium sont particulièrement légers et minimisent les temps de chargement et déchargement.

6.6.10 Les caisses mobiles

Le conteneur maritime présente l'inconvénient d'être lourd et de dimensions inadaptées au transport routier. Aussi utilise-t-on de plus en plus pour le transports par voie ferrée et/ou transport routier des caisses en bois dites « caisses mobiles » que l'on peut charger sur une remorque routière ou un wagon.

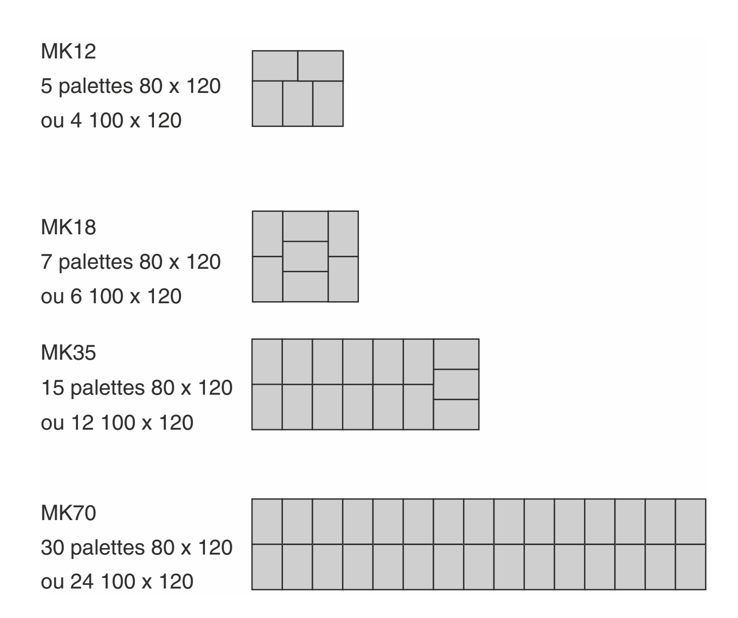


Figure 6.36 – Caisses mobiles.

Elles sont à peu près de la longueur et de la largeur des conteneurs ISO correspondants mais un peu plus larges à l'intérieur ce qui permet de charger plus de palettes. Elles présentent cependant l'inconvénient de ne pouvoir être gerbées ce qui exige des surfaces au sol importantes dans les centres de transfert entre trains et camions (« points nodaux ») et augmente les manutentions.

6.7 La manutention

Les moyens techniques de manutention constituent une des composantes fondamentales de la logistique. C'est le secteur de la logistique qui a le plus évolué au cours de ces dernières décennies si l'on considère que les wagons de chemin de fer n'ont que peu changé et que les camions n'ont connu que des modifications de performance et de consommation. En revanche, la généralisation de la palette et du chariot élévateur a constitué une révolution silencieuse mais extraordinairement importante. Le transport par palettes représentait en France 8 % des tonnages et 10 % des tonnes.kilomètres en 1984 et 20 % des tonnages et 41 % des tonnes.kilomètres en 2000. Il est vraisemblable que la prochaine révolution silencieuse sera celle de l'automatisation de la manutention avec des transtockeurs, transporteurs et systèmes de tris automatisés à l'intérieur des entrepôts et des transports par palettes/conteneurs ou caisses mobiles au moyen de systèmes de chargement et déchargement automatisés accélérant le chargement et le déchargement des camions et des wagons et les opérations de dégroupage et regroupage sur plates-formes.

Il est dommage que l'Université française, si elle s'intéresse à une logistique conceptuelle, ait peu développé les enseignements et recherches autour de la manutention sinon en production, ce qui n'est pas le cas dans d'autres pays comme l'Allemagne.

6.7.1 Les chariots élévateurs, gerbeurs et transpalettes

Les transpalettes sont des outils de manutention horizontale pour des charges ne dépassant pas deux tonnes. Ils constituent un outil de base pour le déchargement et le chargement des camions, la préparation des chargements, etc.

■ Les transpalettes à main

Elles permettent de lever d'une dizaine de centimètres une palette, à l'aide d'une fourche munie de roues ou galets (< 85 mm) que l'on glisse sous la palette, au moyen d'un groupe hydraulique actionné par le timon. L'opérateur peut ensuite déplacer le transpalette avec sa palette en le poussant.

C'est un moyen commode :

– de livraison avec un camion équipé d'un hayon (le livreur emporte souvent le transpalette dans le camion) ;

– de chargement ou déchargement d'un camion par l'arrière à partir d'un quai avec une passerelle ;

– de préparation d'un chargement en déplaçant des palettes déjà au niveau du sol.

Un des avantages importants des transpalettes à main est qu'ils ne demandent aucune formation et peu d'entretien. Les inconvénients sont liés à la fatigue de l'opérateur. On ne peut donc utiliser un transpalette manuel si les distances à parcourir sont trop importantes ou s'il y a des pentes.

Les transpalettes électriques à timon

Elles ont une batterie d'environ 24 V et 200 Ah, un moteur électrique de levée et un autre de traction qui permet à l'opérateur de ne pas avoir à pousser la palette. Le déplacement s'opère à 70 m environ à la minute (4,2 km/h) et l'opérateur accompagne à pied le transpalette. Ils sont particulièrement utilisés pour charger ou décharger les camions par l'arrière à partir d'un quai avec une passerelle ou pour préparer une expédition. La tête de timon contient les organes de commande du levage et du déplacement et sert au freinage (angles hauts et bas du timon). Comme ils sont relativement étroits, ils sont particulièrement utilisés dans la grande distribution pour la mise en rayon des marchandises.

Les transpalettes électriques à conducteur porté

Elles permettent au conducteur de ne pas avoir à effectuer le déplacement en accompagnant le transpalette. Il peut, soit être porté debout à l'arrière du transpalette avec un timon court et une plate-forme relevable, soit être porté assis assez souvent sur un siège latéral (de côté par rapport au sens de déplacement). Ils servent pour les déplacements plus importants qu'un simple déchargement ou chargement de camions.

Les gerbeurs ou transpalettes gerbeurs

Ils ont un mât comme un chariot élévateur qui permet de déplacer la palette dans le sens vertical pour la « gerber », c'est-à-dire la positionner au-dessus d'une autre. Comme un transpalette, la palette repose à l'intérieur du périmètre constitué par les deux roues et les galets porteurs des bras. Ils n'ont donc pas besoin de contrepoids.

On peut les utiliser :

– pour gerber des palettes dans des alvéoles (jusqu'à 3 m environ) ;

– pour décharger ou charger un camion par l'arrière à condition de disposer d'un transpalette sur le plateau, pour approcher les palettes du bord ; on ne peut les décharger par le côté car les roues des camions empêchent les bras porteurs du gerbeur de se glisser sous le camion.

Les gerbeurs peuvent être à main mais ils sont le plus souvent à moteur électrique.

Les chariots élévateurs

Le chariot élévateur constitue l'outil de base de la manutention logistique actuelle. Il est dit « frontal » car la fourche est en avant dans l'axe du chariot et « en porte à faux » car la charge repose sur la fourche en avant des roues avant. Il est dit « gerbeur » car il permet de gerber les charges :

– en remontant le tablier porte-fourche au maximum le long du mât (« grande levée libre ») ; on parle de « petite levée » quand on soulève seulement la palette pour la déplacer ; la position de la fourche en grande levée est inférieure à la hauteur du mât ;

– en utilisant un mât télescopique qui coulisse à l'intérieur du mât ; le mât télescopique peut être double ou triple pour atteindre de plus grandes hauteurs.

Le chariot peut être :

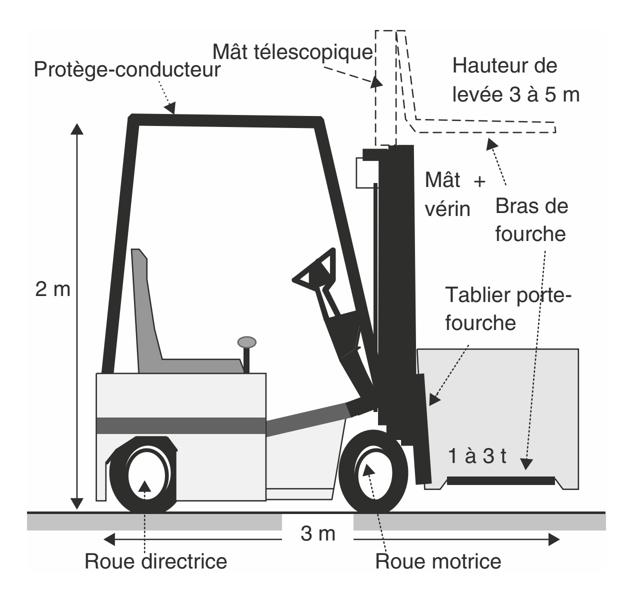


Figure 6.37 – Chariot élévateur.

– thermique avec un moteur à combustion interne (gazole, essence ou gaz) utilisé surtout en extérieur ; il est un peu plus grand qu'un chariot électrique (pour un chariot moyen 3,5 tonnes, *L* = 4 m ; *l* = 1,4 m ; *h* = 2,4) et a une capacité variable allant jusqu'à 50 tonnes ; l'usage en intérieur est à proscrire.

– électrique avec un moteur électrique alimenté par batteries, comme celui représenté figure 6.38.

Un chariot élévateur frontal classique est constitué :

– d'un châssis à 4 roues dont 2 motrices à l'avant et 2 directrices (parfois 3) ; il peut n'avoir qu'une roue directionnelle à l'arrière ce qui diminue son rayon de braquage et donc la largeur nécessaire de l'allée ;

– d'un tablier porte-fourche avec deux bras de fourche qui se déplacent sur un mât ; le tablier peut recevoir d'autres équipements de préhension que des bras de fourche : pince à balles ou à cartons, presseur, pousseur, pinces à bobine, et rotative permettant de retourner un colis, etc. ;

– d'un mât vertical qui peut s'incliner légèrement vers l'avant pour faciliter la préhension ou la dépose des charges ; le tablier se déplace verticalement le long de ce mât avec des chaînes mues par un ou deux vérins hydrauliques ; le mât peut être simple mais il peut aussi être télescopique et être constitué de 2 ou 3 parties qui en s'élevant successivement permettent d'atteindre des hauteurs plus importantes ;

– d'un contrepoids à l'arrière qui équilibre la charge en porte-à-faux sur les bras de fourche ;

– d'un moteur dit « thermique » (essence, diesel ou gaz) ou de moteurs électriques de traction et de levage ;

– de batteries s'il s'agit d'un chariot électrique ;

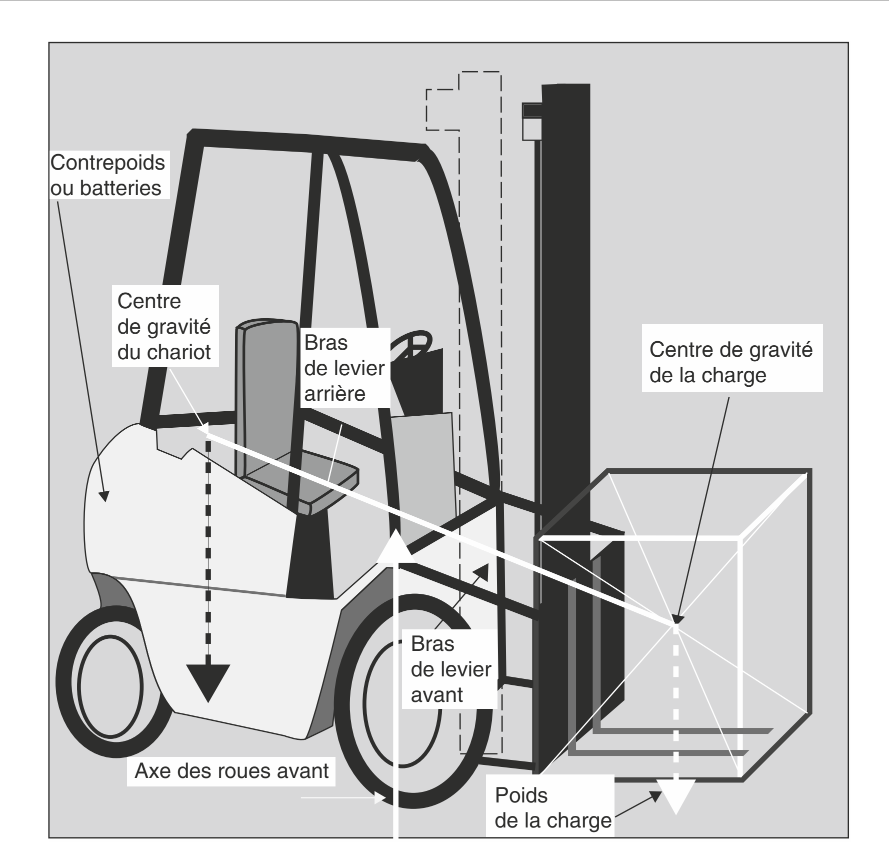


Figure 6.38 – Chariot élévateur électrique.

– d'un poste de pilotage assis derrière le mât surmonté d'un « protège-conducteur » pour le protéger des chutes de charges lourdes.

Les chariots électriques ont leurs batteries à l'arrière qui font contrepoids à la charge ; sur les chariots thermiques ou des chariots ayant à lever des charges lourdes, on place un contrepoids à l'arrière.

En effet un chariot élévateur est comme un levier avec deux bras autour de l'axe des roues avant :

– un bras de levier avant déterminé par le centre de gravité de la charge qui repose sur les fourches ;

– un bras de levier arrière déterminé par le centre de gravité du chariot.

L'équilibre du chariot dépend donc :

– du poids de la charge et de la longueur du bras de levier avant qui dépend de la position du centre de gravité de la charge ;

– du poids du chariot et de son contrepoids, et de la longueur du bras de levier arrière qui dépend de la position du centre de gravité du chariot et donc de la longueur de l'empattement et de la position du contrepoids (en principe tout à fait à l'arrière).

Si p_1 est le poids du chariot et de son contrepoids, p_2 le poids de la charge, d_1 la distance entre le centre de gravité du chariot avec son contrepoids et l'axe des roues avant, d_2 la distance entre le centre de gravité de la charge et l'axe des roues avant, on doit avoir : $P_1d_1 > p_2d_2$

Le constructeur détermine le poids qui peut être porté : c'est ce qu'on appelle la *capacité nominale* du chariot. Il tient compte de distances standard entre le centre de gravité de la charge et le « talon » des bras de fourche (40 cm pour une capacité inférieure à 1 t, 50 cm entre 1 et 5 t et 60 au-delà) dans des conditions standardisées (mât télescopique double, hauteur de levée standard, etc.).

Il doit aussi déterminer une *capacité effective* qui tient compte de tout ce qui peut modifier la capacité : type de mât, hauteur d'élévation, équipement spécial, etc. Sur chaque chariot doit être fixée une plaque portant la capacité maximale et, souvent sous forme d'une courbe, les capacités maximales en fonction de la distance du centre de gravité de la charge au talon de la fourche.

Si la charge n'est pas positionnée contre le talon des bras de fourche ou si le centre de gravité de la charge est plus éloigné des roues avant que les distances standard, la capacité se trouve réduite.

Il faut donc toujours :

– vérifier le poids de la charge par rapport à la capacité ;

– vérifier la position du centre de gravité de la charge par rapport au standard ;

– caler la charge contre le talon des bras de fourche ;

– ne pas circuler avec la fourche en position haute ;

– ne pas prendre des virages trop serrés à vitesse élevée, particulièrement à vide.

Les chariots, transpalettes et préparateurs se déplacent souvent en marche arrière et doivent manœuvrer en avant et en arrière une partie du temps. Avec un siège frontal, le conducteur doit donc se retourner une partie du temps en déplaçant ses épaules, ce qui est pénible. Un certain nombre de moyens de manutention sont donc proposés avec siège latéral ce qui facilite les évolutions même si la position peut surprendre au début un conducteur habitué à la conduite automobile.

■ Le chariot à mât rétractable

Le *chariot à mât rétractable* est intermédiaire entre un chariot classique et un transpalette. Équipé d'un mât et d'une fourche comme un chariot frontal, il prend la palette avec le mât en position avant ; le mât et le porte-fourche ainsi donc que la fourche et la palette, peuvent ensuite se reculer de telle sorte que le centre de gravité de la palette se trouve à l'intérieur du polygone des roues pendant le déplacement du chariot. La charge n'est donc pas en porte-à-faux et le chariot n'a pas besoin d'un contrepoids. Il est donc plus court qu'un chariot et permet d'utiliser des allées réduites (2,5 m). Il peut travailler jusqu'à des hauteurs de 10 m.

■ Le chariot à fourche pivotante

Pour saisir une palette avec un chariot, il faut déplacer la fourche et donc le chariot dont elle est solidaire, pour l'amener sous la palette, puis remonter la fourche, puis, déplacer à nouveau le chariot pour sortir la palette du palettier et remettre le chariot dans le sens de l'allée. Cela fait beaucoup de déplacements

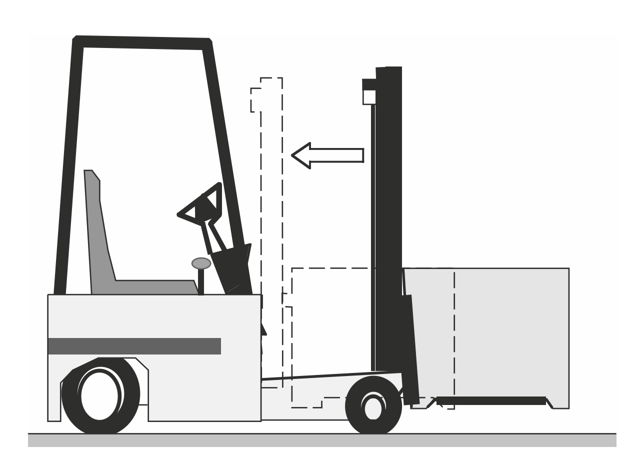


Figure 6.39 – Chariot à mât rétractable.

de chariot et demande des allées suffisamment larges. On a donc mis en place sur certains chariots et sur les dispositifs automatiques des systèmes de fourche pivotante.

La fourche pivotante est constituée d'un porte-fourche avec sa fourche qui peut se positionner soit en avant du chariot comme une fourche normale, soit à 90° à droite du chariot, soit à 90° à gauche. La figure 6.39 représente la fourche vue d'en haut :

1) en position normale en avant du chariot, une fois que le chariot est arrivé à la hauteur de la palette ;

2) orientée à gauche après avoir fait un quart de tour ;

3) entrée sous la palette après s'être déplacée le long d'une sorte de rail, élément du chariot sur lequel est fixée l'extrémité de la fourche. Ce rail est situé au-dessus de la palette et de son chargement et pivote avec elle ;

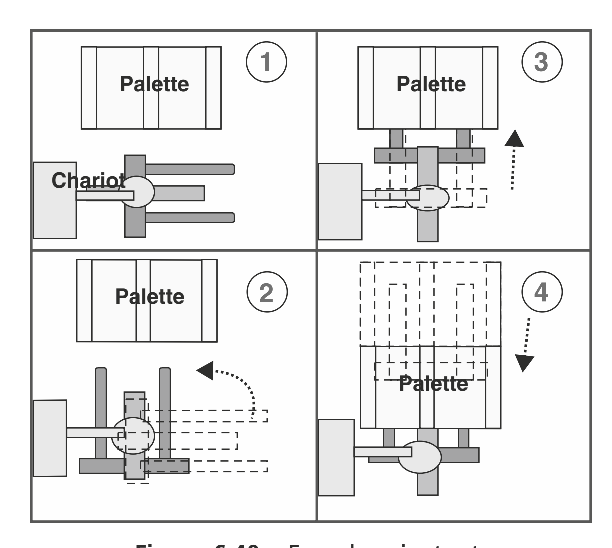


Figure 6.40 – Fourche pivotante.

4) déplacée en arrière avec la palette après être revenue le long de son rail et prête à effectuer un quart de tour à droite pour reprendre sa position normale en avant du chariot.

Tout ceci se fait sans déplacement du chariot. On peut donc utiliser une allée très étroite, de 1 m à 1,8 m selon la largeur du chariot et la longueur de la fourche pivotante.

D'autre part le chariot n'a plus qu'à se déplacer d'avant en arrière dans l'allée et l'on peut donc asservir son déplacement à un rail ce qui permet des déplacements automatiques très précis particulièrement utiles pour les rayonnages de grande hauteur.

Cette technique est utilisée pour réaliser des systèmes de manutention à grande hauteur (12 m). La hauteur voulue est obtenue avec un mât télescopique. Le chariot est souvent guidé pour se positionner dans les palettiers par un rail ou un système de filoguidage

■ Les obligations réglementaires des entreprises

En plus des nombreuses normes et réglementations concernant la construction des moyens de manutention, l'entreprise est tenue à un certain nombre d'obligations.

□ Formation et certification du personnel

Tout salarié qui est amené à conduire un système mobile de manutention sur lequel il est porté (chariot élévateur ou transpalette à conducteur porté, etc.) doit recevoir du chef d'entreprise ou de son représentant une autorisation écrite de conduite qui lui est remise après :

– un examen d'aptitude physique auprès d'un médecin du travail,

– un examen de conduite sur le matériel utilisé.

Pour répondre à cette obligation, la CNAM (Caisse nationale d'assurance maladie) associée au Comité technique des industries des transports et de la manutention a établi en 2000 les principes d'un Certificat d'aptitude à la conduite en sécurité (CACES). Il en existe six catégories selon les matériels utilisés. Cet examen est d'ailleurs obligatoire même si le salarié est titulaire d'un Certificat de capacité professionnelle de cariste (CCPC).

□ Visites périodiques

Comme pour les automobiles, des contrôles techniques appelés « visites générales périodiques » doivent être effectués, selon l'article 23 de l'arrêté du 9 juin 1993 modifié par l'arrêté du 25 juin 1999. C'est une obligation du chef d'établissement de procéder ou de faire procéder à des vérifications générales périodiques afin que soit décelée toute détérioration susceptible de créer des dangers (article R. 233-11 du Code du travail). Le registre de sécurité, dans lequel sont consignés les résultats de la Vérification générale périodique, doit être tenu à la disposition de la Caisse nationale d'assurance maladie, de l'Inspection du travail, du comité d'hygiène et de sécurité et des conditions de travail, et des délégués du personnel (article R. 233-11 du Code du travail). Cette vérification doit être effectuée tous les six mois pour :

– les appareils de levage à conducteur porté ;

– les appareils de levage aménagés pour déplacer en élévation un poste de travail ;

– tous les douze mois pour tous les autres appareils de levage.

☐ **Obligation d'assurance**

La loi du 27 février 1958 a imposé à l'entreprise l'obligation de s'assurer pour tous les moyens de transport utilisés à l'intérieur comme à l'extérieur de l'entreprise et donc y compris les systèmes de manutention à opérateurs portés.

6.8 L'automatisation des entrepôts

6.8.1. Les transtockeurs

Le mot « transtockeur » désigne un système fixe de manutention qui permet d'effectuer des entrées et des sorties de marchandises dans une allée étroite entre deux rayonnages. En pratique, il désigne aussi les ensembles complets de stockage et manutention constitués avec ces transtockeurs.

Un transtockeur typique est constitué :

– d'un rail inférieur le long de l'allée, rail qui supporte le système ;

– d'un rail supérieur au-dessus de l'allée qui guide le déplacement du système ;

– d'un mât qui se déplace le long de l'allée sur le rail inférieur, guidé par le rail supérieur ;

– d'un moyen de prise et de dépose des marchandises qui se déplace le long du mât ; lorsque les marchandises sont des palettes, ce moyen peut être une fourche tridimensionnelle ou, plus souvent, un système à glissières ; lorsque le transtockeur sert à effectuer des *pickings* dans les casiers, ce peut être une cabine à partir de laquelle un opérateur effectue les prélèvements ou met en place les marchandises.

Le transtockeur peut être :

– entièrement automatisé et commandé par ordinateur avec un ou plusieurs automates programmables ; il peut être cependant utilisé manuellement en cas de besoin ;

– partiellement automatisé avec commandes plus ou moins détaillées de l'opérateur.

Ils peuvent fonctionner 24 heures sur 24 et traitent environ 30 palettes à l'heure.

Il existe de nombreuses variantes de transtockeurs :

– la hauteur du transtockeur est variable : de plus de 10 m à une vingtaine de mètres souvent, jusqu'à 45 m au maximum actuellement ;

– certains ont deux mâts pour prendre des charges longues et donner plus de stabilité ;

– le rail supérieur est parfois porteur ;

– il peut y avoir des systèmes de prise de palettes dans des rayonnages à double profondeur ;

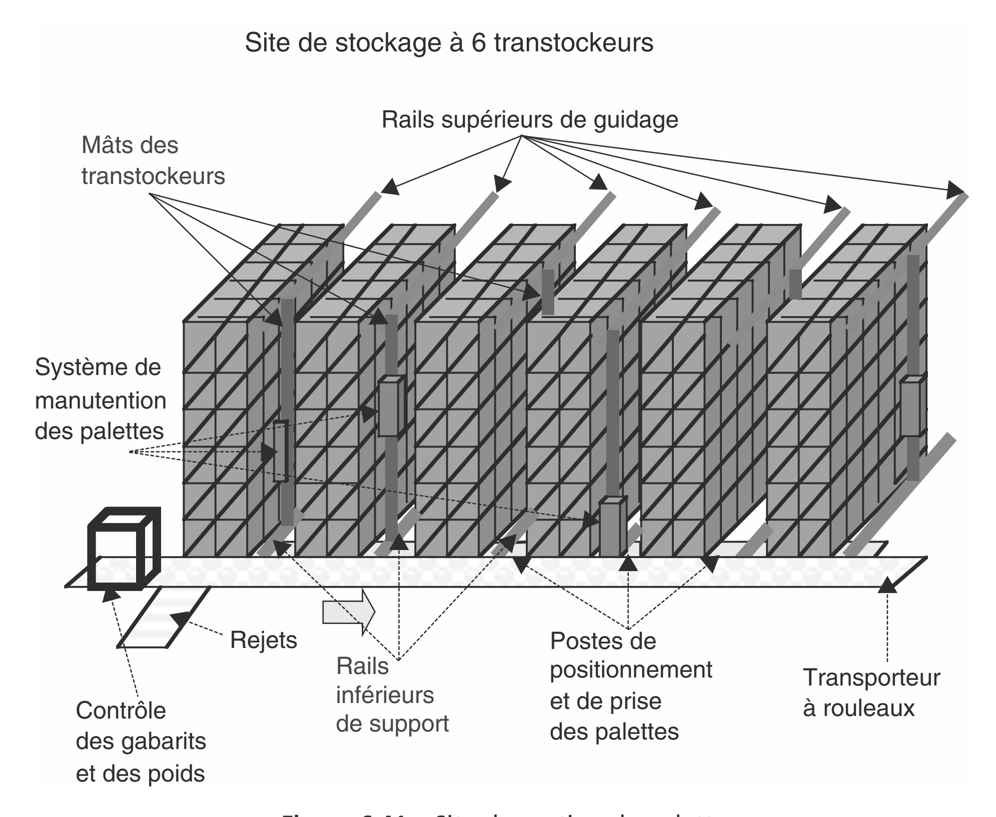


Figure 6.41 – Site de gestion de palettes.

– il peut y avoir un plus ou moins grand nombre de transtockeurs dans un site, souvent 2 ou 3 en France, plus en Allemagne ;

– parfois un transtockeur peut changer d'allée ;

– des rayonnages renforcés peuvent constituer l'ossature de l'entrepôt réalisant ainsi des magasins de grande hauteur sans murs porteurs.

Sur la figure 6.41, on a représenté un site constitué de 6 transtockeurs (la hauteur du site serait bien entendu plus élevée que sur la figure 6.41). Il est réalisé pour gérer des palettes qui arrivent ou partent par un transporteur à rouleaux. À l'entrée, on procède à des contrôles des palettes (contrôles dimensionnels et pesage) afin de vérifier qu'elles peuvent entrer dans le système sans danger ; un divergent permet de rejeter dans une zone de stockage les palettes refusées. Des divergents commandés par ordinateur conduisent les palettes vers les postes de positionnement et saisie des différentes allées. Les transtockeurs entièrement automatiques effectuent les entrées ou les sorties en palettiers à simple profondeur.

6.8.2 Les chariots sans conducteurs

Les chariots sans conducteurs existent depuis longtemps sous forme :

– de chariots tirés par un convoyeur à chaîne enterrée : la chaîne avance dans une saignée d'encastrement dans le sol et est reliée au chariot par une filière (40 à 60 m/min) ;

– de chariots tirés par un convoyeur aérien sur rail (30 à 40 m/min).

Depuis quelques années, on trouve plutôt des véhicules autoguidés ou VAG par analogie avec l'expression américaine AGV (*Automated Guided Vehicule*). Il s'agit de véhicules électriques avec batteries guidés sur des circuits prédéfinis constitués :

– soit d'un câble électrique enterré dans le sol ;

– soit de lignes peintes sur le sol ;

– soit de repères portés en différents emplacements de l'entrepôt et que le chariot retrouve par laser afin de déterminer sa position par triangulation.

Les vitesses sont de l'ordre de 50 à 100 m/min et les charges varient de quelques kilos à plusieurs tonnes.

Dans le premier cas, on parle de chariots filoguidés : le chariot avec deux capteurs reçoit un signal de radiofréquence du câble qui permet de guider les roues. Pour changer de circuits, des fréquences différentes peuvent être utilisées et le chariot passe de l'une à l'autre. Outre son électronique embarquée, le chariot est le plus souvent commandé par radio par un ordinateur de l'entrepôt qui commande les trajets et les opérations de transfert de marchandises.

Dans le deuxième cas de guidage laser, le chariot peut émettre une lumière et recevoir sa réflexion sur une bande peinte qui remplace le fil électrique noyé dans le sol du système de filoguidage. Dans d'autres systèmes, le laser tournant (360°) placé sur le chariot vise des cibles fixes (bande réfléchissante) placées sur les poteaux ou les murs dans la zone d'évolution. Le chariot détermine sa position par triangulation.

Un des problèmes clefs des VAG est d'éviter les collisions avec des personnes ou des objets. Deux techniques sont utilisées en plus des systèmes d'arrêts d'urgence : l'une dite à « feuille déformable » consistant à placer devant le chariot des capteurs qui l'arrêtent en cas de contact, l'autre à effectuer un balayage laser en avant du chariot avec d'ailleurs des distances différentes selon les différentes directions pour l'arrêter dès qu'un obstacle est repéré à la distance prévue sur un des angles de balayage.

Le moyen de manutention placé sur le VAG est variable : par exemple, fourche de gerbage ou dépose et pose sur des bases motorisées à hauteur fixe.

6.8.3 Transporteurs et systèmes de tri

La figure 6.42 représente vue d'au-dessus un transporteur à rouleaux et cinq transporteurs sur lesquels les colis (en blanc) peuvent être déviés en fonction des indications d'une étiquette lue sur chacun des colis. Ce pourrait être une application classique de tri dans un magasin : les articles arrivent de la préparation et sont répartis entre cinq zones de préparation des expéditions vers des camions différents selon les clients concernés.

La manutention continue des entrepôts n'est pas fondamentalement différente de celle des usines. On y trouve :

– des transporteurs qui déplacent les objets qu'il s'agisse de palettes, colis, boîtes, articles, etc. Ils peuvent fonctionner par gravité ou avancer électriquement ;

– des systèmes divergents de tri qui consistent essentiellement à sortir un objet de son transporteur pour le transférer horizontalement sur un autre transporteur. Pour réaliser cela, le système de tri doit identifier l'objet à transférer et déterminer la voie qu'il doit prendre. Ceci peut être réalisé par un opérateur qui code les articles ou choisit les voies en fonction des étiquettes. Assez souvent ceci est désormais effectué par ordinateur et capteurs ou lecteurs d'étiquette (par exemple avec code à barres), soit en début de la chaîne de traitement, soit juste avant le tri ;

– des systèmes convergents pour faire se rejoindre sur un même transporteur les flux de deux transporteurs ;

– des systèmes d'accumulation en bout de transporteur en attendant que l'on utilise l'objet trié.

On trouvera associé à chaque système son nom en anglais car beaucoup de catalogues utilisent ces noms et le vocabulaire en français est loin d'être normalisé.

Les principaux transporteurs continus sont :

– des transporteurs à bande ;

– des transporteurs à rouleaux (*rollers*) ;

– des convoyeurs à chaîne.

Il existe de très nombreux systèmes de tri ayant des caractéristiques différentes quant aux objets manipulés et à la vitesse de tri :

– déflecteurs ou machine à écharpes (*deflector diverter*) qui, s'interposant devant l'objet, le font dévier d'un côté ou de l'autre de son transporteur sur un autre transporteur. Le déflecteur peut comprendre un ruban continu vertical qui aide l'objet à se diriger vers l'autre transporteur ;

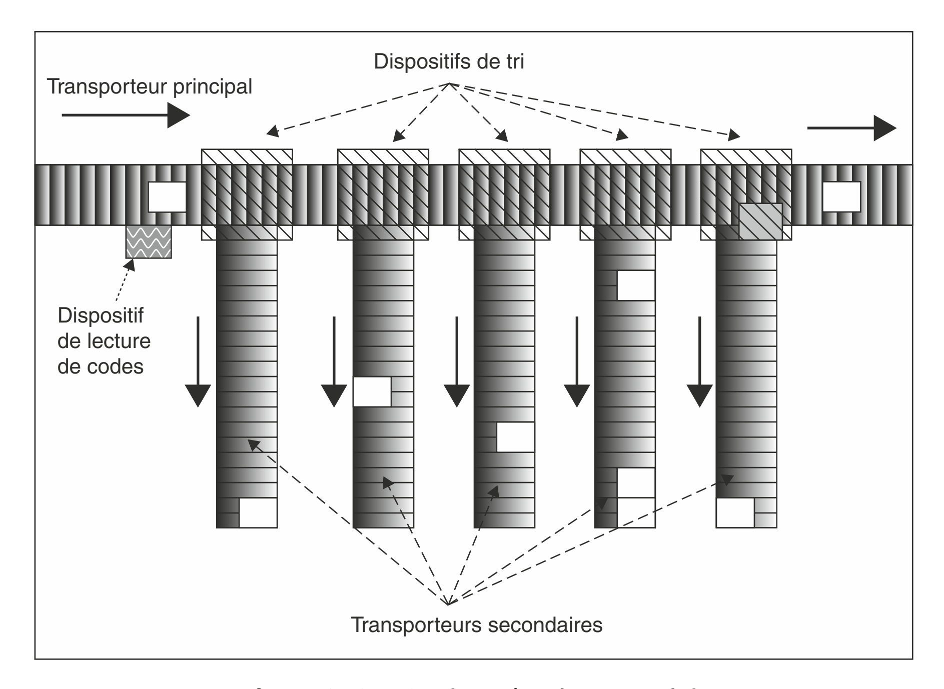


Figure 6.42 – Système de tri automatisé.

– pousseurs (*push diverter*) généralement à vérins pneumatiques qui poussent latéralement l'objet vers un autre transporteur perpendiculaire ;

– plateaux basculants (*tilt tray sorter*) sur lequel se trouve l'objet à trier ; lorsque le plateau arrive devant le transporteur où doit être dirigé l'objet, il bascule sur le côté en poussant l'objet vers ce transporteur ;

– machine à taquets mobiles (*slat sorter*) : un certain nombre de taquets (selon la longueur de l'objet) fixés sur la surface du transporteur peuvent se déplacer d'un côté à l'autre ; ils viennent pousser l'objet progressivement vers le transporteur de tri au moment voulu (figure 6.43) ;

– *pop-up* : un dispositif surgit d'en dessous le transporteur, soulève l'objet et le déplace transversalement vers le transporteur de tri.

etc.

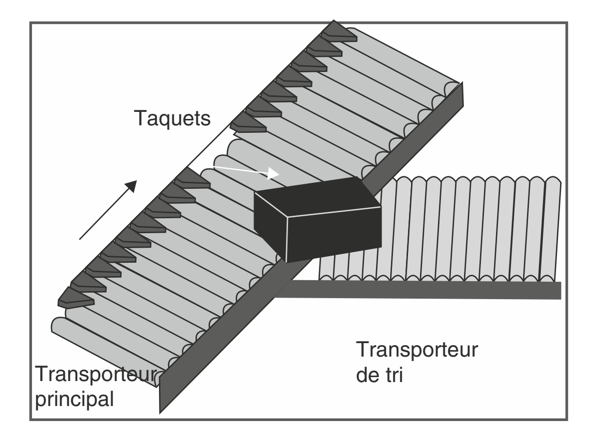


Figure 6.43 – Transporteur à taquets mobiles.

On peut ainsi réaliser des lignes de préparation fonctionnant à des milliers ou des dizaines de milliers d'articles à l'heure selon le nombre de systèmes mis en place. Les vitesses de tri sont différentes selon les dispositifs, de 30 tris à la minute avec un pousseur à 200 ou 300 avec un plateau basculant.

6.8.4 L'automatisation du transport et de la manutention, la grande affaire du XXIe siècle

Nous sommes, particulièrement en France, à l'âge de la palette et du chariot élévateur. Les palettes ont été introduites il y a maintenant un demi-siècle à l'instar des armées américaines à la fin de la Seconde Guerre mondiale. Depuis, l'automatisation a peu progressé. Un homme avec son chariot déplace 1 m^2 de marchandise… Il est vrai que la manutention par chariot comme le transport par camion ne demande que très peu de formation et s'arrange bien de certaines performances calamiteuses de l'éducation nationale… Le conteneur a progressé dans le transport maritime et a suscité la création de portiques spécialisés. L'automatisation de la manutention est pratiquée plus ou moins intensivement dans toutes les usines mais il est souvent surprenant de voir à l'extrémité d'une ligne de production automatisée, par exemple au palettiseur, une ronde de chariots

élévateurs qui emmènent les palettes vers l'entrepôt d'usine… Peu d'entreprises françaises font leur compte en logistique et sont donc prêtes à investir en un domaine où cependant le retour sur investissement est de quelques années.

Les collectivités locales françaises à défaut de pouvoir susciter la construction d'usines sur leur territoire, se rabattent, à coup de subventions directes ou indirectes, sur la création d'entrepôts, simples hangars normalisés sans automatisation – le plus d'emplois, le meilleur. Il en résulte un coût de location d'entrepôt qui est en France le moins cher d'Europe et un coût d'exploitation qui tend à être parmi les plus chers.

La logistique, comme l'industrie, ne trouvera sa compétitivité que dans l'automatisation. Quitte à être taxé d'auteur de science-fiction, nous pensons qu'il en est de même du transport. À la frontière des deux, il nous paraît absurde de continuer à charger et décharger des remorques ou des wagons, palette par palette, alors qu'au chargement, on a déjà préparé le « camion fantôme » en regroupant les palettes dans leur ordre de chargement. Une voie ferrée est peu différente d'un convoyeur à la dimension près. Il ne nous paraît pas impensable que des palettes aillent un jour d'une usine de Brive-la-Gaillarde à Saint-Pétersbourg sans autre intervention humaine que celles d'opérateurs dans leurs postes de contrôle. Bien entendu, les investissements sont considérables. Les installations automatisées seront d'une autre taille que celles que nous connaissons. Les techniques de base existent : elles restent à mettre en œuvre à ce niveau.

Au sein de ces sites coexisteront des activités à forte valeur ajoutée qui combineront processus de finition des produits et préparation logistique. C'est à ce titre que les sites logistiques pourront développer des densités d'emplois à l'hectare équivalentes à celles rencontrées dans des sites de fabrication et de conditionnement. C'est un défi essentiel pour l'Europe.

6.9 Le circuit des marchandises

6.9.1 Principes d'organisation

Nous ne traiterons pas ici des flux de marchandises en vrac traitées en pipeline, silos, réservoirs, etc. On notera à cet égard qu'il n'est pas impossible que l'on voie un jour apparaître des pipe-lines de transport de petits colis (cartes électroniques, médicaments par exemple) à la manière des « pneumatiques » d'autrefois, permettant de distribuer très vite des objets dans une grande ville.

Dans un entrepôt ou une plate-forme, la marchandise peut donc donner lieu aux opérations suivantes :

– déchargement d'un camion ou d'une voie ferrée ;

– contrôle de conformité entre les colis reçus et le bon de livraison avec émission éventuelle de réserve selon l'état apparent de la marchandise, marquage éventuel des colis et palettes ;

– contrôle livraison-commande et contrôle approfondi si nécessaire avec réclamation auprès du fournisseur ou du transporteur ;

– entrée en inventaire ;

– attribution d'un lieu de stockage provisoire ou définitif et manutention jusqu'à ce lieu de stockage, marquage éventuel du lieu de stockage ;

– stockage plus ou moins long ;

– éclatement éventuel des palettes ou colis pour le *picking* (action de rassembler les matériels nécessaires à la préparation d'une commande) ;

– préparation informatique des commandes ;

– transfert de palettes en zone de préparation de commandes ou de chargement ;

– ou *picking* de colis ou d'articles élémentaires en quantités conformes à la commande pour sa préparation, marquage éventuel des articles, colis ou palettes pour la livraison ;

– attente en zone de préparation ;

– contrôle des commandes, regroupement, emballage, marquage pour l'expédition ;

– détermination des regroupements par camion pour expédition, édition des bulletins de livraison, ordre de transport, etc. ;

– regroupement en zone d'expédition ;

– attente de chargement ;

– chargement, enregistrement des sorties d'entrepôt.

Les marchandises reprises suivront un parcours un peu semblable même si le flux est en sens inverse.

6.9.2 Identification des emplacements

Chaque emplacement de stockage doit être identifié par un code qui permette de le retrouver facilement et de communiquer avec le système informatique de gestion de l'entrepôt. Il importe donc de définir un système de codification précis tel que celui du schéma proposé figure 6.44. Ce système doit être

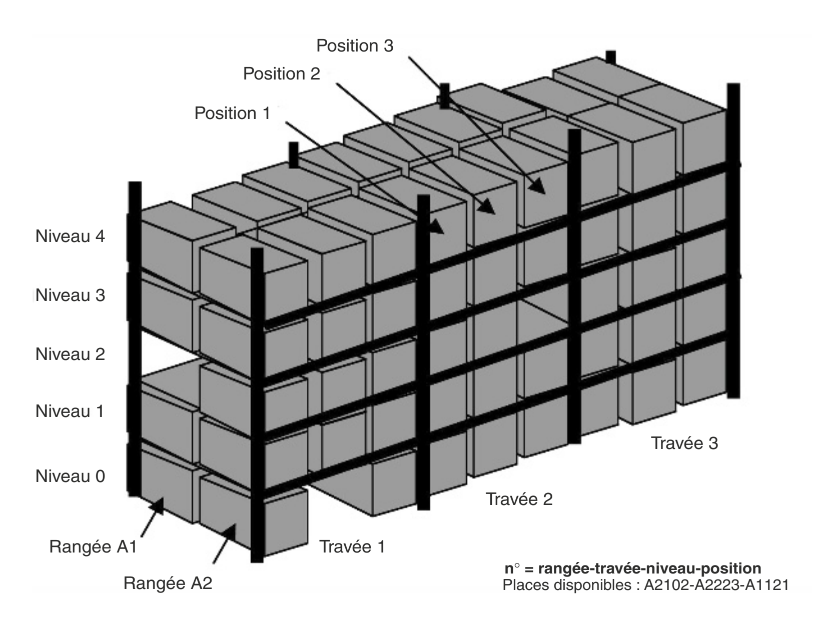


Figure 6.44 – Exemple de système d'adressage des emplacements de stockage (Mondou, 2000).

ensuite visualisé par des pancartes en tête d'allées. Des numéros avec leur traduction en codes à barre peuvent être collés sur les lisses à chaque emplacement.

6.9.3 Réception des marchandises

■ Obligations légales et contractuelles de l'établissement dans le cadre du contrat de transport

Le destinataire, même s'il est étranger à la conclusion du contrat, participe à son exécution : on dit qu'il est cocontractant par adhésion. En conséquence il a des devoirs afin de veiller à la bonne exécution du contrat de transport.

Le transporteur en arrivant à l'adresse prévue sur son bon de transport doit trouver facilement le lieu de stationnement de son camion et la personne à qui il doit s'adresser pour réceptionner le matériel. Si cette personne n'est pas celle qui est à l'accueil, l'agent de réception doit pouvoir arriver en quelques minutes. Le transporteur est responsable du déchargement lorsqu'il s'agit d'un envoi de moins de 3 tonnes (colis par exemple). Cependant l'établissement doit avoir prévu un lieu de stationnement du camion au déchargement et, à proximité immédiate, un lieu de dépôt du matériel. Le transporteur n'est pas obligé de transporter les colis aux étages, sauf accord particulier.

S'il s'agit de matériels de plus de 3 tonnes ou de matériels demandant un moyen de déchargement particulier autre qu'un hayon et un transpalette à main (chariot élévateur, grue hydraulique, etc.), le déchargement doit être organisé à l'avance et un rendez-vous pris avec le détenteur des moyens.

Dans le cas de manquants ou d'avaries, il est nécessaire selon l'article 105 du Code de commerce :

– d'émettre des réserves écrites, précises et motivées à l'arrivée sur la lettre de voiture au lieu de livraison et en présence du chauffeur (les formules générales du type « sauf vérification ultérieure » ou « sous réserve de déballage » n'ont pas de valeur juridique) ;

– de confirmer ces réserves par lettre recommandée avec accusé de réception dans les 3 jours qui suivent la livraison (dimanche et jour férié non compris) ; cet acte est fait normalement par le service qui a commandé le transport mais il doit donc recevoir très rapidement information de l'incident et copie par fax des documents correspondants.

■ Obligation de sécurité de l'établissement : le protocole de sécurité chargement-déchargement

Suite à l'arrêté du 26 avril 1996, les opérations de chargement et de déchargement doivent faire l'objet d'un document écrit dit « protocole de sécurité ». On en trouvera un modèle en annexe à cette fiche. On trouvera également un modèle d'une telle fiche réalisée par l'AUTF avec le concours de l'Union des fédérations de transport (UFT) et l'Union nationale des organisations syndicales des transporteurs routiers automobiles (UNOSTRA) dans le *Guide pratique du transport* de l'AUTF.

Le protocole de sécurité comprend toutes les informations et indications utiles à l'évaluation des risques de toutes natures générés par l'opération (de chargement et déchargement) et les mesures de prévention et de sécurité qui doivent être observées à chacune des phases de sa réalisation :

– Les consignes de sécurité et particulièrement celles qui concernent l'opération de chargement déchargement.

– Le lieu de livraison ou de prise en charge, les modalités d'accès et de stationnement aux postes de chargement et déchargement accompagnées d'un plan et des consignes de circulation.

– Les matériels et engins spécifiques utilisés pour le chargement ou le déchargement.

– Les moyens de secours en cas d'accident ou d'incident.

– L'identité du responsable désigné par l'entreprise d'accueil auquel l'employeur délègue ses attributions.

– Les caractéristiques du véhicule, son aménagement et ses équipements.

– La nature et le conditionnement de la marchandise.

– Les précautions particulières résultant de la nature des substances ou produits transportés.

Le protocole de sécurité est établi dans le cadre d'un échange entre les employeurs concernés, préalablement à la réalisation de l'opération de chargement ou de déchargement.

Si ces opérations, impliquant les mêmes entreprises, revêtent un caractère répétitif, c'est-à-dire lorsqu'elles portent sur des produits ou substances de même nature et qu'elles sont effectuées sur les mêmes emplacements selon le même mode opératoire mettant en œuvre les mêmes types de véhicules et de matériels de manutention, un seul protocole est établi préalablement à la première opération. Ce protocole reste applicable aussi longtemps que les employeurs concernés considèrent que les conditions de déroulement des opérations n'ont subi aucune modification significative. Sinon pour les opérations ne revêtant pas de caractère répétitif, un protocole de sécurité spécifique sera établi préalablement à la réalisation de l'opération.

Dans le cas où le transporteur est identifié préalablement à l'opération de chargement-déchargement, on peut envisager que le protocole sécurité devienne une annexe au contrat de transport.

Dans le cas où le transporteur n'est pas identifié ou que toutes les informations n'ont pu être échangées, il appartient à l'entreprise d'accueil de fournir par tout moyen approprié les éléments qui se rapportent au protocole de sécurité. Un échange d'informations nécessaires peut se faire à l'entrée du véhicule sur le site d'opération. Ces informations peuvent figurer sur un panneau d'affichage et être accompagnées de consignes orales ou mieux d'un document écrit établi par l'entreprise d'accueil et transmis au conducteur à l'entrée du véhicule sur le site. Ce dernier en accuse réception et peut mentionner s'il y a lieu les spécificités propres à l'opération de chargement-déchargement.

L'inobservation de ces dispositions pourra entraîner des sanctions qui varieront en fonction de l'existence ou non d'un accident du travail.

Le Code du travail prévoit une amende de 3 800 € pour les infractions aux règles d'hygiène et sécurité. Cette amende est appliquée autant de fois qu'il y a de salariés de l'entreprise concernés par la ou les infractions. S'agissant d'une obligation d'ordre public touchant à la sécurité, des poursuites pénales en cas d'accident pourront être engagées pour blessures ou homicide involontaire voire même pour mise en danger de la vie d'autrui.

■ Organisation de la réception

L'organisation de la réception dépend bien entendu de la fréquence et de l'importance des réceptions qui sont à effectuer dans un établissement. La réception des marchandises est au cœur du métier d'une plate-forme d'un grand distributeur ou de l'entrepôt d'une usine importante.

Il est nécessaire :

– de définir les livraisons de matériel qui peuvent être reçues dans l'établissement et à qui elles sont destinées (lieu de stockage, responsable du lieu de stockage, numéro de téléphone, etc.) ;

– de définir les matériels qui peuvent être repris par un transporteur (reprise de palettes ou de rolls par exemple) et selon quelle procédure ;

– de définir le lieu où le matériel doit être déchargé des camions de livraison et les précautions à prendre pour l'emballage et la manutention (par exemple, dépôt en sas pour des livraisons avant l'ouverture si le camionneur en a la clef ou encore protection contre la pluie et/ou les vols pour des marchandises qui peuvent rester quelque temps sur le trottoir avant l'ouverture du magasin) ;

– de définir éventuellement l'organisation des rendez-vous ou des plages, soit rendez-vous fixes, soit rendez-vous au cas par cas et ce que l'on fait pour constater et réguler l'arrivée des différents transporteurs dans les différents cas (retards, embouteillages des postes de déchargement, etc.) ;

– de désigner un agent chargé de réceptionner le matériel dans chaque lieu de réception de matériel correspondant à l'adresse indiquée sur le bon de livraison. Cet agent n'est pas nécessairement un spécialiste. Ce peut être une réceptionniste ou une secrétaire à condition qu'elle soit désignée à cet effet et ait reçu une formation appropriée. Lorsqu'il (ou elle) n'est pas là, un remplaçant ayant reçu la même formation doit être prévu. Cette tâche exige la constatation de l'état des colis au déchargement et l'agent désigné doit pouvoir se rendre sur le lieu de déchargement ;

– de définir comment l'agent de réception va prévenir le destinataire de l'arrivée de son matériel (prévoir aussi une procédure d'urgence en cas d'incident) et le remplaçant en cas d'absences ;

– de définir comment les documents de livraison (bons de livraison et lettre de voiture) vont être remis au destinataire du matériel (case de courrier, etc.) ;

– de définir comment et par qui le matériel va être transporté dans son lieu définitif de stockage : ce problème ne se pose pas si le lieu de déchargement est aussi le lieu de stockage. En revanche si le matériel est sur palettes et que les palettes ne peuvent être transportées dans les ascenseurs, il faut prévoir la dépalettisation, le transport, le lieu de stockage des palettes en retour, etc.

Ces procédures doivent être définies en fonction des contrats de transport ou si on ne les connaît pas (livraison franco sans organisation préalable) en fonction du contrat type. Toutes ces informations doivent être consignées sur un document conservé par la personne chargée des réceptions.

■ Application de la Charte qualité de la distribution

En application de la Charte qualité signée le 27 février 1996 entre les organisations représentatives des transports et de la distribution, les représentants de la grande distribution se sont engagés à :

– « équiper, dans les meilleurs délais, chacun de leurs points de réception, des installations suivantes : un point téléphone ; un point toilettes ; un point distribution de boissons ;

– veiller à ce que tous les points de réception, correctement signalés, soient parfaitement accessibles aux heures d'ouverture habituelles ;

– élargir dans la mesure du possible, les plages horaires d'ouverture de leurs réceptions ;

– adapter le nombre de réceptionnaires et de postes de déchargement aux quantités livrées quotidiennement, ainsi que les moyens de manutention ;

– respecter les horaires des rendez-vous qu'ils ont eux-mêmes fixés, harmoniser ces horaires pour un même messager et restituer immédiatement, une fois la livraison terminée :

- les lettres de voiture datées, identifiées et signées,
- ou les bordereaux récapitulatifs de livraison signés, datés, complétés de l'heure exacte de début et de fin de réception ainsi que de l'identification du réceptionnaire ».

■ Mise en place de la signalétique dans l'établissement

À l'adresse indiquée sur les documents de livraison, un ou plusieurs emplacements de stationnement doivent être prévus (lorsque c'est possible) et un panneau très visible doit indiquer aux livreurs :

– le nom de l'établissement ;

– les horaires d'ouverture pour les livraisons ;

– le lieu où le chauffeur doit s'adresser pour trouver l'agent chargé de la réception ;

– des informations particulières sur les lieux de déchargement ou chargement.

Chaque fois que possible le fléchage des accès à l'établissement doit être réalisé aux environs pour faciliter l'accès des livreurs.

L'établissement doit réaliser une fiche de localisation avec un plan d'accès au lieu de livraison et la précision des heures d'ouverture ainsi que du lieu où le chauffeur doit s'adresser et éventuellement des indications de stationnement. Elle doit comporter aussi le numéro de téléphone de la personne à contacter pour décider de l'heure de livraison et à prévenir en cas de retard ou d'incident. Cette fiche est destinée aux transporteurs à qui elle sera remise par les expéditeurs. La précision de l'itinéraire d'accès peut faire gagner beaucoup de temps à un chauffeur et donc réduire les coûts.

6.9.4 Stockage

Les marchandises réceptionnées doivent après réception être transférées dans une autre zone du magasin. Le choix de l'emplacement où les stocker peut être effectué :

– soit par le magasinier à partir d'un plan de stockage prédéfini (*stockage fixe*[1] : *dedicated* ou *fixed slot storage*) ;

– soit par l'ordinateur à n'importe quel emplacement libre (*stockage flottant*[2] : *randomised storage*) ; celui qui effectue la réception porte par exemple sur les palettes le n° d'emplacement pour le manutentionnaire ou le manutentionnaire reçoit l'information directement de l'ordinateur (terminal embarqué).

On pourra conserver provisoirement les marchandises en zone de réception si on doit les réexpédier telles quelles mais plus souvent on les transférera en zone d'expédition lorsqu'en *cross-docking* on doit les réexpédier telles quelles sans changement d'emballage ni étiquetage : on en profitera pour les trier par destination dans le cas de répartition sur différentes « tournées ».

On peut les stocker en tout ou partie en zone de *fast movers* pour ceux qui représentent une part importante des expéditions dans une zone proche de la zone d'expédition où ces articles ont des emplacements déterminés. Il peut y avoir à effectuer des changements d'emballages à cette occasion (palettes éclatées en cartons pour faciliter le *picking* par exemple).

On peut les stocker en zone de stockage de masse soit en les mettant dans des emplacements attribués à ces articles (palettier monoplace par exemple), soit en les répartissant sur des emplacements disponibles – ce que peut faire l'ordinateur qui tiendra à jour l'occupation des emplacements pour préparer les sorties. Cette dernière méthode est comme on l'a vu plus économique en place.

On peut enfin les stocker dans des sous-magasins particuliers : *very slow movers*, *quarantaine*[3], etc.

6.9.5 Picking et préparation des commandes

■ Le picking

Pour préparer une commande, il faut aller chercher dans le stock les différents articles qui constituent la commande à raison d'un article en quantité variable par ligne de commande. C'est ce qu'on appelle le picking.

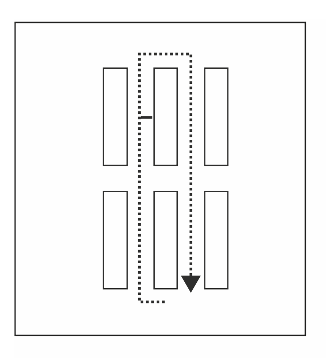
On peut :

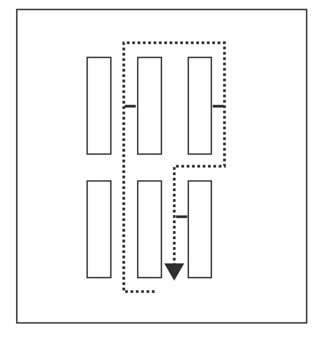
– soit préparer commande par commande :

  • en prélevant un seul article par déplacement ;

---

1. Attribution d'emplacements fixes en magasin par article ou catégorie d'articles.
2. Détermination par ordinateur de l'emplacement de stockage des marchandises réceptionnées en choisissant n'importe quel emplacement disponible. L'ordinateur peut cependant utiliser des règles d'attribution selon la nature de la marchandise ou l'emplacement libre le plus proche de la zone de déchargement, etc.
3. Situation d'un lot d'articles dans lequel il est interdit d'en prélever en sortie en attente d'une décision (douane, analyse de la marchandise, vieillissement, etc.).


Prélèvement d'un seul article par déplacement


Prélèvement de plusieurs articles par déplacement

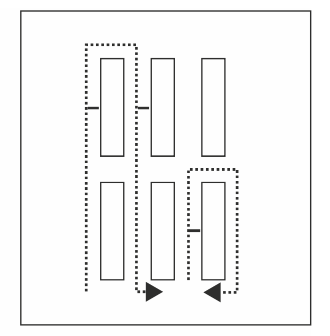

Prélèvement simultané de plusieurs articles par zones spécialisées et regroupement de la commande

Figure 6.45 – Les trois modes de picking d'une commande.

- en prélevant plusieurs articles par déplacement ;
- en affectant des magasiniers à des zones spécialisées de picking par catégories d'article et en regroupant ensuite les lignes de commande par commande ;

– soit préparer plusieurs commandes à la fois :

- en prélevant le même article pour plusieurs commandes ;
- en prélevant plusieurs articles différents par déplacement avec des caisses par commande ou un système de tri à l'arrivée ;
- en organisant des zones de picking avec des caisses par commande ou un transporteur à bande avec un système de tri à l'arrivée.

L'organisation du picking dépend :

– de la *taille des articles* : 1 palette complète pour 1 article impose 1 seul article par déplacement ; de nombreux petits articles justifient un poste spécialisé de *picking* ;

– du *nombre d'articles par commande* : des commandes importantes justifient que l'on effectue les prélèvements commande par commande ; dans une organisation *pick and pack*, l'emballage est choisi avant le début de la tournée et on le remplit progressivement, quitte à en avoir un certain nombre sur un chariot préparateur de commande ;

– de la *fréquence de sortie des articles* : on dispose le plus près possible du lieu de préparation les articles les plus demandés (*fast movers*) ;

– de la *complémentarité des articles* : des articles sont souvent commandés en même temps et on a intérêt à rapprocher leurs lieux de stockage ;

– de la *destination des articles* : ainsi un distributeur pourra livrer les commandes sur des rolls à raison d'un ou deux rolls par supérette ou d'un roll par rayon d'un supermarché.

■ Les matériels

Tous les matériels de manutention étudiés peuvent être utilisés pour aider au picking. On peut cependant distinguer :

– selon que le système aide le magasinier à aller chercher les articles correspondant à la commande (homme vers produit) ;

– selon que le système apporte les casiers ou palettes d'articles au magasinier qui va les prélever (produit vers homme) ; ce deuxième type de système est plus performant car si l'homme est très performant pour reconnaître un article et le manipuler, il l'est moins pour se déplacer et déplacer des produits.

□ Homme vers produit

Le *transpalette* (ou *chariot élévateur*) permet soit d'aller chercher une palette entière lorsque c'est l'unité de commande, soit de charger progressivement une palette ou une caisse palette de tous les articles d'une commande.

Les *chariots préparateurs* manuels ou électriques, portés ou non, permettent au préparateur qui fait sa tournée de préparer plusieurs commandes dans des bacs *ad hoc*. Des transporteurs permettent de transporter vers un poste de préparation des expéditions soit des palettes entières à livrer, retirées à l'aide d'un chariot ou transpalette, soit des articles avec par exemple un transporteur à bande le long des allées de rayonnage à palettes, à casiers ou à tiroirs : il faut alors trier les articles prélevés à l'arrivée pour regrouper les envois à faire avec, par exemple, une machine de tri.

Un *transtockeur* dont la cabine se déplace avec l'opérateur (*man-up* ou *man aboard*) permet à celui-ci d'aller prendre un ou plusieurs articles dans un rayonnage pour une préparation de commande. La hauteur de ces transstockeurs est limitée à une quinzaine de mètres. Ces transtockeurs peuvent être manuels et il appartient alors à l'opérateur de gérer les translations horizontales et verticales à l'aide d'un clavier. Les magasiniers habitués à ces systèmes savent positionner exactement la nacelle à l'emplacement le plus approprié compte tenu de leur taille et de la disposition des produits. Le positionnement du transtockeur peut être automatique et le magasinier n'a qu'à effectuer le prélèvement et déposer l'article dans une plate-forme de dépose à hauteur ajustable.

□ Produit vers homme

Un *transtockeur* permet d'aller chercher des palettes qui sont conduites à un poste de picking où l'opérateur prélève ce qui est nécessaire ; le transtockeur ramène alors la palette à son emplacement initial sauf si elle est désormais vide.

Le *stockage dynamique* permet de constituer, comme on l'a vu, de véritables postes de picking.

Le *stockage rotatif*, qu'il soit horizontal ou vertical, est l'équipement type du poste de picking automatisé. Pour diminuer les temps d'attente de l'opérateur, on peut lui confier deux équipements ce qui lui permet d'effectuer les prélèvements dans l'un pendant que l'autre effectue les déplacements. Certains systèmes permettent de gérer indépendamment plusieurs carrousels de casiers horizontaux de telle sorte que l'on peut appeler en même temps plusieurs articles. Un transporteur permet d'emmener les articles prélevés vers un poste de préparation soit en vrac, au prix d'un tri ultérieur, soit dans des boîtes *ad hoc*.

Le *dépalettiseur* permet d'enlever une couche complète de produits sur une palette et de les emporter par transporteur jusqu'au poste de préparation.

6.9.6 Préparation des colis et envois

La préparation des colis et des envois dépend de la nature des marchandises et de ce qu'attend le destinataire :

– une entreprise peut n'expédier que des palettes complètes avec un seul type d'article par palette ;

– une entreprise peut expédier des palettes destinées chacune à un seul destinataire mais contenant des articles différents ;

– une entreprise peut expédier des palettes regroupant divers colis destinés à des destinataires différents mais transitant par une plate-forme unique (*cross-docking* chez le distributeur ou passage par une plate-forme de messagerie par exemple) ; chaque colis peut contenir un seul type d'article ou en regrouper plusieurs, etc.

Par exemple, la figure 6.46 représente un type de préparation particulier.

Les diverses lignes de commande qui ont pu arriver en zone de préparation soit déjà regroupées par clients soit en vrac sont regroupées et il appartient alors au préparateur de les regrouper.

Il faut choisir un ou plusieurs emballages en fonction de la nature et de la quantité des articles d'une même commande et des besoins du client (cartons, palettes, rolls, etc.) ; il peut parfois y avoir fabrication d'emballages spéciaux ; emballage des articles ; il peut y avoir une saisie par ordinateur afin de préparer les étiquettes de colis et les bons de livraison.

Les contrôles peuvent intervenir à ce moment ou plus tôt ou plus tard : ils peuvent consister à vérifier les articles par rapport à la liste de préparation

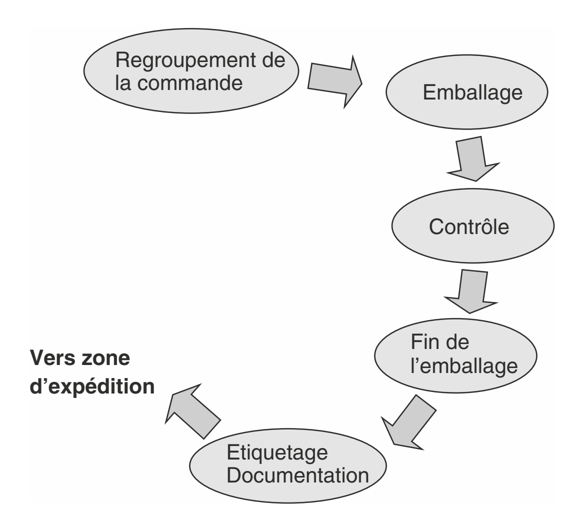


Figure 6.46 – Préparation des colis et envois.

B

LOGISTIQUE DES FLUX ET DES STOCKS

et/ou à peser les colis et à vérifier le poids par rapport à un poids calculé par ordinateur, ce qui suppose que l'ordinateur connaisse les poids de chaque article et éventuellement des emballages avant ou après finition.

La finition des emballages consiste à mettre en place les produits ou dispositifs de calage et à clore les emballages :

– déversement de produits de calage ;

– fermeture des cartons avec bandes collantes ;

– cerclage éventuel ;

– pose de grilles antiglissantes ou collages des cartons les uns aux autres avec une colle auto-cassante ;

– filmage des palettes par banderoleuse ou par housse ou rouleau de films thermorétractables,

– cerclage des charges avec éventuellement profilés et cornières, etc.

L'étiquetage et la documentation des emballages sont réalisés avec édition par ordinateur des étiquettes et des bons de livraison qui sont le plus souvent fixés sur l'emballage lui-même, éventuellement dans une pochette plastique pour les protéger de l'humidité ; si cela n'a pas été fait avant, il y a communication à l'ordinateur des regroupements par colis pour lui permettre d'éditer ces documents et de préparer ensuite le bon de transport ou la lettre de voiture ou la demande de transport selon les procédures prévues avec les transporteurs.

Le transfert est immédiat ou différé en zone d'expédition.

En résumé, la préparation des expéditions par colis et par envoi est un ensemble de tâches complexes qui demandent une organisation d'atelier, des horaires, des relations importantes avec l'informatique, etc. Il est indispensable que ces tâches soient parfaitement décrites de telle sorte que toute modification dans les procédures puisse être évaluée et organisée.

Avec le développement du *cross-docking*, beaucoup d'entreprises industrielles qui expédiaient jusque-là des palettes complètes ont dû créer de véritables organisations de picking et de préparation sans que les vendeurs se soient toujours bien rendu compte des nouveaux coûts que l'entreprise allait supporter.

6.9.7 La préparation des chargements

La préparation des expéditions conduit à rassembler les marchandises pour pouvoir charger directement les camions d'expédition. On peut :

– soit rassembler les marchandises près du quai de chargement et laisser le conducteur faire son chargement ou au moins l'organiser à partir de ses documents de transport ;

– soit préparer directement un « camion fantôme », regroupant les marchandises dans l'ordre exact de leur mise en camion, ce qui est préférable.

En effet, le chargement d'un camion doit être organisé de façon à faciliter son déchargement à ses différentes étapes de livraison. Si par exemple le déchargement de palettes doit être effectué avec un transpalette et un hayon ou par l'arrière à des quais de déchargement, les palettes doivent être chargées dans un ordre précis. Il n'en serait pas de même si le déchargement devait se faire par le côté avec un chariot élévateur.

Le problème peut être beaucoup plus complexe :

– si l'on tient comte du volume de chaque envoi et non seulement de sa surface au sol (possibilités de superposition) ;

– si l'on organise les tournées de camion pour à la fois livrer des marchandises et en recueillir d'autres au cours d'une même tournée.

Certains programmes d'ordinateur peuvent prendre en compte cette préparation du chargement.

6.9.8 Les inventaires

■ L'inventaire physique

On appelle *inventaire physique*, l'inventaire qui est effectué en comptant réellement les articles en stock pour :

– vérifier que le nombre d'items de chaque article est bien égal à celui connu de l'ordinateur ;

– rechercher l'origine de l'erreur ;

– corriger éventuellement le stock en ordinateur.

Une telle procédure est obligatoire pour pouvoir certifier le bilan de l'entreprise ; les commissaires aux comptes de l'entreprise sont donc en droit de vérifier les procédures elles-mêmes (qui doivent être écrites) et la façon dont elles sont mises en œuvre.

Pratiquement l'inventaire physique peut se faire de deux façons :

– soit pour la totalité des articles une fois par an ; une telle procédure prend le plus souvent plusieurs jours pendant lesquels il n'est pratiquement plus possible d'effectuer des entrées et des sorties car les rapprochements entre stock compté et stock en ordinateur deviennent alors difficiles ; elle tend donc à disparaître ;

– soit périodiquement pour une partie du stock seulement (*inventaire tournant*) de telle sorte que la totalité du stock ait été comptée au moins une fois dans l'année ; la détermination du calendrier des comptages et des catégories d'articles à compter doit être faite à l'avance.

■ Procédure classique du comptage annuel avec des emplacements affectés aux articles (stockage fixe)

La procédure classique est la suivante :

– l'ordinateur établit à la date d'inventaire la liste des articles à inventorier ;

– les magasiniers reçoivent chacun un certain nombre d'articles à compter avec une partie du magasin où se trouvent normalement ces articles ;

– ils portent les nombres comptés de chaque article sur un état saisi en ordinateur ; ils signalent les articles non portés sur leur liste dont ils ont constaté la présence dans leur zone ;

– l'ordinateur établit la liste des différences en plus et en moins et les magasiniers recherchent alors d'où vient la différence (éventuellement en présence d'un contrôleur) (erreur de comptage) il arrive souvent que l'on ne soit pas en mesure de trouver l'origine de la différence (erreur d'expédition sans réclamation du client, erreur en plus par exemple, etc.) ;

– on corrige ensuite le fichier informatique pour qu'il représente la réalité en faisant des entrées et sorties exceptionnelles de régularisation : une telle procédure est normalement prévue par le système informatique mais n'est accessible qu'à un responsable désigné à cet effet et donne lieu à un état comptable de charge ou de produits exceptionnels ; la valeur des pertes de cette nature rapportées à la valeur totale du stock est un indicateur important de gestion.

■ Problème des inventaires tournants et des stocks flottants

Lorsque l'on procède par inventaire tournant avec des stocks fixes (à emplacements déterminés), il faut attribuer une zone du magasin à chaque magasinier et lui donner une liste établie par l'ordinateur des articles qui doivent se trouver dans cette zone. Il compte alors les quantités et l'on procède selon la méthode classique.

Dans le cas d'un stock flottant, on procède de la même façon mais dans un cas comme dans l'autre et plus particulièrement dans le second, on n'est jamais certain qu'il n'existe pas ailleurs dans le magasin des articles à des emplacements non connus de l'ordinateur. Un contrôle permanent du stock est donc utile.

■ Contrôle permanent du stock

Il ne se substitue pas aux inventaires obligatoires mais permet de rectifier d'éventuelles erreurs dès qu'on peut les constater.

– Chaque fois qu'un magasinier constate qu'un article à prélever n'a pas en casier la quantité prévue par l'ordinateur, il doit le signaler, soit qu'il y en ait moins que prévu pour la sortie, soit qu'il ne devrait plus y en avoir et qu'il en reste encore (complément à prendre à un autre emplacement).

– Le système informatique peut indiquer systématiquement la quantité d'un article qui reste en un emplacement lors de chaque prélèvement, ce qui permet au magasinier d'effectuer éventuellement un contrôle.

– Chaque fois qu'un emplacement est connu comme vide par l'ordinateur, celui-ci le porte sur une liste journalière qui sert à effectuer une tournée de contrôle avec enlèvement des emballages vides (palettes, cartons, etc.), ce qui évite aux magasiniers d'avoir à se préoccuper des emballages vides pendant les prélèvements : cette opération est faite en dehors des heures de pointe et permet de signaler les erreurs.

– Il est prudent de procéder périodiquement à l'examen des articles du stock mort et des articles très peu demandés (*very slow movers*). Le stock mort correspond à des articles qui n'ont pas donné lieu à des sorties depuis une certaine durée (1 an par exemple). Leur évaluation est un indicateur de gestion important. L'ordinateur peut en fournir une liste périodiquement et l'on doit alors se demander article par article, quelle est la cause de ce phénomène et ce qu'il convient de faire. On peut alors les redistribuer à un autre entrepôt qui en a l'usage, les mettre au rebut (revente ou revente sous forme de déchets et produits de récupération), les détruire, les conserver. Il convient de procéder au provisionnement de ces articles en comptabilité avant de les passer en pertes. Des procédures comptables internes peuvent mettre en jeu la responsabilité financière des services qui les ont commandés ou demandés.

– Le responsable de l'entrepôt doit fréquemment examiner l'état et les quantités en stock des produits en entrepôt en se rendant sur les lieux. Ceci lui est indispensable, au même titre que ses indicateurs de gestion, pour se poser les bonnes questions sur la gestion de son entrepôt et de ses stocks.

6.9.9 Les autres tâches de l'entrepôt

Il y a beaucoup d'autres tâches dans un entrepôt ou une plate-forme. Il y a d'abord toutes celles – et ce ne sont pas les moins importantes – qui sont traitées dans un autre chapitre de cet ouvrage :

– le traitement des retours (voir le chapitre 14 sur la logistique inverse) ;

– les tâches liées à la production : réception des matières premières et composants et stockage des produits intermédiaires ou produits finis (voir le chapitre 8 sur la logistique de production).

Mais il y a aussi beaucoup d'autres tâches qui n'ont pas été traitées et représentent une part importante de l'activité :

– Le traitement des incidents et litiges et la réponse aux demandes d'information sont des tâches des plus importantes. On a vu les multiples sources de différences d'inventaire. La recherche de la cause peut prendre beaucoup de temps mais est indispensable pour améliorer la qualité du service.

– Les gestions des palettes, des emballages consignés, des conteneurs… demandent des comptabilités particulières et un suivi.

– La sécurité est un point important de la gestion d'un entrepôt et demande :

- l'organisation de la sécurité des marchandises : système de protection des portes, gardiennage, etc. ;
- la sécurité des personnes demande de l'organiser avec le comité hygiène et sécurité, de former le personnel, de réaliser des consignes, etc. ;
- la sécurité incendie et inondation demande des installations, une formation de personnels spécialisés, des exercices, etc.

– La propreté et le rangement sont des activités indispensables.

– Des travaux particuliers doivent être organisés et programmés pour préparer les articles avant promotion ou à leur retour (conditionnement par exemple). La gestion des échantillons, leur conditionnement et leur expédition peuvent être une activité non négligeable, etc.

– L'entretien des équipements de manutention, des bâtiments et des rayonnages doit être programmé en plus des visites obligatoires de sécurité.

– La gestion comprend aussi de nombreuses tâches et particulièrement la gestion du personnel sous tous ces aspects : contrats, paye, formation, maladie, congés, horaires et planning, etc. de même que le recours à la sous-traitance et à l'intérim et de nombreuses tâches administratives.

6.10 Conclusion

Le secteur de l'immobilier logistique est un secteur très dynamique et évolutif. Retenons qu'il est caractérisé par :

– la flexibilité que doivent avoir les infrastructures logistiques : il s'agit de s'adapter aux contraintes évolutives d'exploitation, d'assurer leur recyclabilité, de trouver un équilibre entre produit banalisé et produit dédié ;

– la vitesse à laquelle ces infrastructures doivent être construites : on peut parler du time to market de mise à disposition des instrastructures logistiques et certains contractants généraux proposent des *fast tracks* pour bâtir des entrepôts de 40 000 m^2 sur une durée de 12 semaines ;

– l'accroissement de la taille des sites ;

– la prise en compte de facteurs de sécurité drastiques ;

– le renforcement des solutions utilisant plus de technologie : plus de process mécanisé voire automatisé, plus d'énergie, plus d'intelligence, permettant une meilleure intégration des processus physiques et des processus logiques ;

– la tertiarisation des sites avec la présence systématique de fonctions d'approvisionnement, de pilotage des flux, de gestion des commandes ou encore de gestion du service client ;

– la spécialisation des sites conduisant à une véritable typologie des sites mettant en évidence par exemple des sites à vocation internationale s'intégrant dans les chaînes logistiques mondiales soit sur les flux *inbound* soit sur les flux *outbound*, les entrepôts destinés à approvisionner les grandes métropoles et situés en périphérie de celles-ci selon des rayons concentriques ou encore les plates-formes d'éclatement utilisées par les grands opérateurs de messagerie. Nul doute que nous verrons apparaître dans les prochaines années une nouvelle génération d'entrepôt au sein ou à la périphérie des villes à étage comme à Hong Kong ou au Japon pour limiter l'emprise foncière et l'accès des gros porteurs dans les centres-villes.

Bibliographie

Chargement et déchargement des véhicules, Les cahiers de l'entreposage, AFT IFTIM, Paris, 1993.

La préparation des commandes, Les cahiers de l'entreposage, AFT IFTIM, Paris, 1993.

BAGLIN G., BRUEL O., GARREAU A., GREIF M., *Management industriel et logistique*, Economica, Paris, 1990.

BALLOU R.H., *Business logistics management*, Prentice Hall, États-Unis, 1992.

BATTEUX C., « Statique, mobile ou dynamique, à chacun son rayon », *Stratégie Logistique*, n° 30, octobre 2000.

BOTREL J., *L'emballage, environnement socio-économique et juridique*, Lavoisier, Paris, 1991.

COPPEL G., *Transtockeurs*, Techniques de l'ingénieur, vol AG3, Paris.

Le guide logistique de l'entreprise. Systèmes logistiques et chariots de manutention, Jungheinrich France, Vélizy Villacoublay, 1991.

Guide pour le choix et l'utilisation des chariots automoteurs de manutention, INRS, Paris.

HARMON R.L., *Reinventing the warehouse*, The Free Press, New York, 1993.

Chariots de manutention automoteurs. Conseils d'utilisation, INRS, Paris.

Les rayonnages métalliques, INRS, Paris.

MONDOU F., *Dimensionnement d'une installation de stockage*, Mémoire de l'ESSEC-IMD, Paris, octobre 2000.

Oblog, Observatoire de l'Immobilier Logistique et du Supply Chain Management, « Diagnostic du Parc Immobilier Logistique Français », LogProfile, Novembre 2007.

ROUX M., *Entrepôts et magasins*, Les Éditions d'Organisation, Paris, 2003.

ROUX M., LIU Tong, *Optimisez votre plate-forme logistique*, Les Editions d'Organisation, 2007.

SAVY M. « Logistique et territoire », DIACT La documentation Française, Juillet 2006.

7 • LES TRANSPORTS

7.1 Les transports en France et en Europe

On distingue traditionnellement en France :

– les transports terrestres qui comprennent les transports routiers et les transports fluviaux – le code de commerce napoléonien traite des coches à cheval et des coches d'eau – plus le chemin de fer ; les transports routiers peuvent être nationaux ou internationaux et ne sont pas soumis aux mêmes règles juridiques dans ces deux cas (figure 7.1) ;

– les transports maritimes, le plus souvent internationaux ;

– les transports aériens, eux aussi souvent internationaux ;

– divers autres modes de transport comme les oléoducs, etc.

La matrice de la figure 7.1 propose une segmentation du marché du transport terrestre en France.

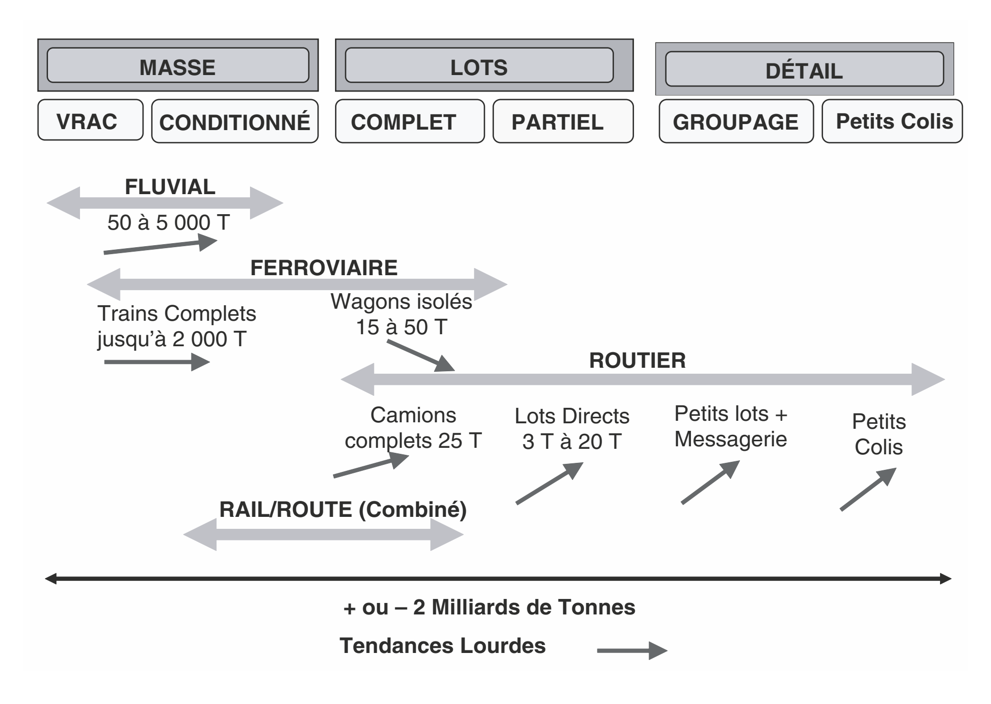


Figure 7.1 – Segmentation du transport terrestre en France.

En termes d'évolution, on note avec Hubert de Bailliencourt, expert en transport et logistique internationale, les éléments clés suivants :

Le marché se déplace de la gauche vers la droite (masse vers lot puis lot vers détail). Si la masse globale à transporter est relativement stable, le nombre d'expéditions est en croissance continuelle de 6 à 12 % par an selon la conjoncture. Donc, mécaniquement, le routier devient de plus en plus incontournable pour les producteurs.

C'est principalement ce phénomène qui provoque la segmentation de plus en plus fine du marché de transport routier qui se présente de la manière suivante : Lots complets (national ou international), lots partiels directs (non transbordés, national ou international), petits lots palettisés (en cross docking), petits lots affrétés (compléments de chargement), services de lignes régulières (lignards, national ou international), camionnage local ou régional, messagerie régionale, messagerie nationale traditionnelle, messagerie nationale accélérée, groupage international (100 kg à 3 ou 5 tonnes), monocolis, express national (délai garanti avec livraison jour B avant 9 h, avant 12 h ou jour B dans la journée, etc), express international (petits lots + détai à délai garanti), courrier (plis, pièces détachées, échantillons), transport urgent (taxi)

L'effervescence constatée sur le marché du colis < 100 kilos s'explique d'une part par la croissance des envois mais surtout par le véritable télescopage d'opérateurs venus de 3 métiers différents et qui s'affrontent avec des moyens financiers colossaux sur ce créneau

1. Les messagers classiques avec la culture « transporteur » (1 expéditeur, un destinataire et un contrat de transport), qui viennent du petit lot et qui ont « inventé » le petit colis en France.

2. Les « postiers » avec la culture du « point de collecte » et qui arrivent donc avec des moyens techniques considérables (bureaux de poste, centres de tris colis etc). La fin du monopole les a obligés à appliquer la réalité du coût de transport du colis, ce qui leur a fermé la porte du dumping qui leur permettait de conserver leur part de marché sur le colis de moins de 30 kilos. D'où leur impérieuse nécessité de prendre des parts de marché au-delà de 30 kilos, mais toujours avec une approche « affranchissement » et sans rédaction d'un contrat de transport, n'étant pas considéré comme transporteur.

3. Les « integrators » venus tout droit d'Amérique du Nord et essentiellement issus du transport aérien, le moyen de transport express par excellence. Ils sont intégrateurs d'abord et avant tout parce qu'ils ont été les premiers à proposer des prix nets et tout compris (all in) pour des prestations complexes comprenant du préacheminement, du transport aérien ou terrestre, du post acheminement, ceci dans un environnement international (donc douanier). Pour eux le transport express national n'est qu'un maillon complémentaire de l'express international, et le cas éventuel, un complément de recette leur permettant d'amortir les énormes frais de structure qui, dans les métiers de la messagerie, comportent plus de 90 % de coûts fixes (en enlève, on transporte et on livre partout quotidiennement quel que soit le niveau d'activité ou la conjoncture).

Contrairement aux « transporteurs » (culture contrat de transport) et aux postiers (culture affranchissement), les integrators pratiquent le contrat sans papier (pas de récépissé et signature du réceptionnaire sur un bordereau de groupage ou depuis quelques années, sur un terminal électronique recueillant le nom et la signature du client).

C'est le télescopage de ces trois opérateurs de culture très différentes qui perturbe considérablement le marché de 1 à 100 kilos et qui rend très difficile la lecture de ce qui se passe, le flou étant amplifié par le fait qu'aucun des 3 métiers n'a véritablement pris le dessus l'un sur l'autre et que les stratégies de chacun demeurent très incertaines (et en tout cas peu lisibles) car les investissements sont énormes et de retour sur investissement très long, très faibles, voire hypothétiques. Ceci engendre une difficulté certaine au niveau des décisions stratégiques.

Il est bien évidemment important de noter que cette cartographie des acteurs du transport terrestre doit prendre place dans celle plus large des prestataires logistiques, ces derniers venant essentiellement du monde du transport et englobant des offres de service très larges. La figure 7.2 met l'accent sur les liens entre les marchés du transport et celui de la prestation logistique.

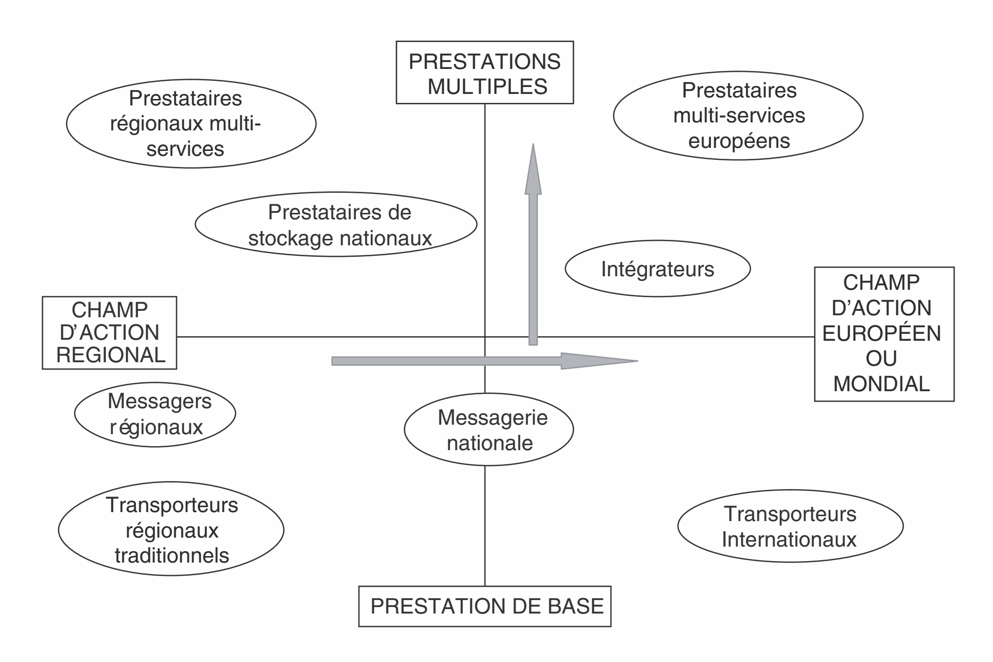


Figure 7.2 – Liens entre les marchés du transport et celui de la prestation logistique.

Le transport est un des postes de coûts les plus importants de la logistique de telle sorte que l'organisation logistique est souvent déterminée par l'optimisation de ces coûts de transport et nombreux sont ceux qui considèrent que l'activité de transport est le cœur même de la logistique. Cette activité de trans-

port recouvre les trafics effectués par la route, le rail, les voies d'eau et la mer, l'air ainsi que les oléoducs[1].

On peut distinguer :

– le transport effectué par une entreprise pour son « compte propre » ; on parle parfois de « transport privé »[2] ;

– le transport effectué par un transporteur « pour compte d'autrui » ; on parle parfois alors de « transport public » sans que cette appellation ait un rapport avec le caractère privé ou public de l'entreprise. Ce transport public progresse d'année en année dans la mesure où les entreprises industrielles ont tendance, comme on le verra, à se concentrer sur leurs activités de base en externalisant leurs transports.

Le transport routier de marchandises est caractérisé en 2005 par :

– l'atomisation du secteur, 97 % des entreprises étant des PME de moins de 50 personnes, seule la messagerie étant plus concentrée, mais les grosses entreprises captent bien évidemment une grosse partie du chiffre d'affaires, 10 % d'entre elles réalisent 73 % du chiffre d'affaires total ;

– la prépondérance des conducteurs qui représentent 69 % des salariés des entreprises de transport routier ;

– des marges qui sont devenues négatives à partir de 2005 de l'ordre de – 0,5 % alors que pendant les années 1980, la marge était de l'ordre de 1,5 % en moyenne ;

– la perte d'emplois de l'ordre de 15 000 entre 2001 et 2005 dans un secteur traditionnellement créateur d'emplois ;

– un coût de l'heure de conduite en France supérieur de 20 % à la moyenne des pays comparables.

Parmi les plus grandes entreprises, les principales relèvent désormais du secteur public, avec, comme on le verra, les filiales de la SNCF (Géodis et Sernam), Géopost, filiale de La Poste, qui se positionne en troisième place au niveau européen et première en France (Chronopost, TAT Express, etc.), puis Danzas et Ducros Express, filiales de la Deutsche Post.

En Allemagne, Deutsche Bahn, regroupe Railon, Freight Logistics, Intermodal Traffic, Schenker (8,1 milliards d'euros) et Bax Global dont le rachat début 2006 a été motivé par le doublement de la taille en Asie et le rééquilibrage des flux entre l'Asie et les États-Unis sans parler de l'intégration de Joyau et de ses 55 agences pour entrer en concurrence avec DHL-Exel de la Deutsche Post et SDV. Comme on le voit, ce marché est devenu mondial, imbriqué et extrêmement concurrentiel.

---

1. On ne retient pas dans ces activités logistiques les transports d'information par voie hertzienne ou par câbles qui tendent à prendre de plus en plus d'importance. Nous allons bien vers la création d'une véritable logistique de l'information mais elle n'appartient pas (encore) au champ de la logistique générale.
2. Bien qu'il n'existe pas de définition juridique du « compte propre », on considère en reprenant l'ancienne définition du décret du 14 novembre 1949 que le transport en compte propre est celui organisé et opéré par le détenteur du bien à transporter que ses véhicules lui appartiennent en pleine propriété ou soient loués avec ou sans chauffeur.

Cette extension du secteur public dans un domaine économique très fragile suscite beaucoup d'inquiétudes.

On distingue couramment :

– le transport par remorques ou camions complets (aux États-Unis, TL pour *Truck Load*), quel que soit le mode juridique de ce transport ;

– le transport de colis (aux États-Unis, LTL pour *Less than Truck Load*) qui inclut la messagerie et le transport de lots.

On peut distinguer économiquement :

– la messagerie, « transport de petits colis ou de petits lots (de moins de 3 tonnes) nécessitant un passage à quai après la ramasse (groupage) et avant la distribution (dégroupage) » ; ce marché est d'ailleurs décomposable en deux marchés très différents, celui de la VPC et des particuliers concernant de très petits colis et pour lequel La Poste joue un rôle important (elle transporte plus de la moitié des objets expédiés), et celui des lots transportés principalement par les « messagers » ;

– le transport de lots industriels ;

– le transport frigorifique qui peut être en messagerie ou par camions complets ;

– le transport en citernes avec des spécificités particulières selon les produits transportés ;

– les autres transports spécialisés : déménagement, transports de véhicules, transport de vêtements sur cintres, transports exceptionnels, etc. ;

– la location de véhicules industriels avec conducteur qui, particulièrement développée en France, recouvre la location de véhicules standard aussi bien que de citernes ou véhicules frigorifiques ;

– le transport léger qui regrouperait en France 14 000 entreprises de course urbaine en 2 roues ou de transport d'urgence en camionnettes et camions de moins de 3 tonnes ;

– la manutention et l'entreposage, activités annexes du transport ou à part entière selon leurs modalités.

Ces dernières activités ne sont d'ailleurs plus vraiment du transport et l'on distingue de plus en plus les entreprises logistiques susceptibles d'accomplir une très large gamme de prestations à partir de magasins, et les entreprises de transport proprement dit, même si ces dernières ont souvent été à l'origine des premières et si ces deux types de prestations se confondent dans les activités de messagerie.

Une des raisons de la confusion est que les entreprises de transport ne bénéficient pas toujours d'une très bonne image auprès du public et qu'elles tentent de réagir en imposant une image logistique. Les entreprises de transport sont souvent considérées comme polluantes ; utilisant un personnel sympathique mais frustre et sous-payé, à la merci des intempéries et des grèves, aux prises avec une guerre des prix permanente et ne respectant pas toujours les prescriptions sociales ou de sécurité, elles sont considérées comme des entreprises à risques et leur image ne favorise pas l'appel à des capitaux extérieurs, en Bourse par exemple. Ces entreprises ont donc tendance à développer des activités logistiques plus valorisantes et aussi plus aptes à produire de la valeur et à réaliser une différenciation stratégique par rapport à leurs concurrents.

7.2 Les véhicules de transport routier

■ Types de véhicules de transport routier

Il existe divers types de véhicules :

– camionnette « Fourgon »,

– 6 × 4 Plateau,

– 6 × 4 Benne,

– porteur « Fourgon »,

– semi-remorque,

– camion-remorque « Tautliner » ou train routier.

Des progiciels d'aide au chargement permettent de définir comment disposer des colis, palettes ou matériels divers à l'intérieur d'un camion déterminé en respectant des règles de poids maximal et de facilité de déchargement compte tenu de l'ordre des livraisons d'une tournée.

Les constructeurs de véhicules industriels se partagent le marché de façon relativement égale.

En France, Renault Truck représentait 34,5 % du marché en 2003 devant Mercedes (14,8 %). Ce marché français est très irrégulier, avec une année noire en 1991 marquée par la commercialisation de seulement 24 000 véhicules, et des sommets entre 1999 et 2001 où l'on atteignait plus de 58 000 immatriculations. Le marché est actuellement de l'ordre de 45 000 à 47 000 véhicules par an. L'arrivée de nouvelles normes antipollution et le renouvellement du parc constitué entre 1999 et 2001 devraient relancer ce marché au cours des prochaines années. La norme de dépollution Euro 4 sera remplacée fin 2009 par la norme Euro 5 plus sévère sur les émanations de particules d'oxyde d'azote, de monoxyde de carbone ainsi que sur les hydrocarbures imbrûlés.

Par ailleurs, une loi entrera en vigueur en 2010 afin d'imposer le respect d'une valeur limite de dioxyde d'azote (NO_2).

Les camions auront alors divisé leur niveau de pollution par 5 en 10 ans et par 20 avec la norme Euro 5 obligatoire en 2009.

La première vie d'un camion dure environ 400 000 km entre les mains du propriétaire qui l'a acheté neuf, à raison de 100 000 km par an et 200 000 s'il est à double équipage. On peut considérer une deuxième vie de 400 000 km et une troisième de 400 000 km également. Au-delà de 1,5 million de km, il est soit exporté dans un pays en voie de développement, soit démonté et ses pièces récupérables revendues.

De plus en plus se développe la location des tracteurs et des remorques, location souvent accompagnée de prestations : gestion de parc, entretien, remplacement en cas d'immobilisation, formation des chauffeurs, etc.

■ Caractéristiques des véhicules routiers

Le poids total autorisé en charge (PTAC) est le poids maximal que peut atteindre un véhicule avec son chargement. Il est porté sur la carte grise du véhicule et selon l'article R55 du Code de la route ne peut dépasser :

– 19 tonnes pour 2 essieux,

– 26 tonnes pour 3 essieux et plus,

– 32 tonnes pour les véhicules à moteur à 4 essieux ou plus.

La charge utile (CU) est la différence entre le PTAC et le poids à vide.

Le poids total roulant autorisé (PTRA) est le poids maximal que peut présenter un ensemble de véhicules en charge accouplés et selon l'article 55-2 du Code de la route, il ne peut excéder :

– 38 tonnes si l'ensemble ne comporte pas plus de 4 essieux,

– 40 tonnes si l'ensemble comporte 5 essieux et plus,

– 44 tonnes pour les ensembles assurant les parcours routiers initiaux et terminaux d'opérations de transport combiné à condition que l'ensemble comporte au moins 5 essieux,

– 45 tonnes pour les transports de conteneurs ou caisses mobiles circulant sous couvert d'arrêtés préfectoraux de transport exceptionnel de validité permanente.

On note une tendance à favoriser dans l'avenir les véhicules à 44 tonnes sur 5 essieux qui, en remplaçant les véhicules à 38 tonnes, pourraient diminuer de façon importante les parcs de camions et le nombre des trajets. Ceci pourrait permettre de désengorger partiellement les infrastructures routières victimes du succès des transports routiers dans les dernières années. Dans les pays scandinaves on trouve des trains routiers à 60 tonnes et les hollandais qui roulent à 50 tonnes revendiquent la possibilité de trains doubles de 70 tonnes.

Il existe en outre des règles de charge maximale à l'essieu le plus chargé.

7.3 Conducteurs

Il n'est pas question dans le cadre de cet ouvrage de traiter de l'ensemble des problèmes parfois épineux des conducteurs de poids lourds. On peut cependant distinguer deux sortes de conducteurs :

– les chauffeurs livreurs qui travaillent le plus souvent à partir de plates-formes et s'éloignent rarement plus d'une journée ; leurs camions sont rarement équipés pour y dormir ;

– les conducteurs qui effectuent des transports plus longs et dorment le plus souvent dans leur camion.

La France compte en 2005, 372 000 conducteurs routiers dont le salaire se situe autour de 2 000 € par mois, avec un taux horaire de 8,11 à 9 €. Le pourcentage des femmes, en augmentation, reste très réduit avec 0,5 % des conducteurs. L'âge moyen d'un conducteur de marchandises est relativement élevé puisque 34,9 % des conducteurs ont entre 36 et 45 ans et seulement 3,6 % plus de 56 ans.

7.3.1 Les règles de temps de conduite

Des règles de temps de conduite existent dans chaque pays et ont fait l'objet d'une directive européenne :

– un chauffeur ne doit pas conduire plus de 4 h 30 au maximum ; à l'issue d'une période de conduite de 4 h 30, le conducteur doit observer 45 minutes de repos ou 3 fois 15 minutes de repos à l'intérieur des 4 h 30 de conduite,

– le conducteur ne doit pas dépasser 9 heures de conduite par jour mais chaque semaine, il peut conduire 2 fois 10 heures par jour ;

– le repos journalier doit être de 11 heures consécutives par 24 heures ;

– le temps de conduite par quatorzaine ne doit pas excéder 90 heures avec 48 heures maximum sur la première semaine ;

– le repos hebdomadaire doit être de 45 heures si le conducteur rentre à son domicile et de 36 heures autrement.

Les frais de déplacement sont payées selon les conventions collectives de la profession.

Un accord cadre du 20 janvier 1995 a rendu obligatoire une formation initiale minimale obligatoire (FIMO) de 156 heures obligatoire pour tous les conducteurs de véhicules de plus de 7,5 tonnes. Une formation continue obligatoire de sécurité (FCOS) de 3 jours a été rendue obligatoire tous les 5 ans pour les conducteurs de véhicule de plus de 3,5 t de PTAC.

7.3.2 Du tachygraphe à l'appareil de contrôle électronique

L'obligation de mettre en place sur chaque camion un tachygraphe est un élément important pour contrôler l'application des règles de conduite. L'appareil enregistre au moyen de stylets les données de conduite sur un disque en papier. Cependant un nouvel appareil de contrôle électronique a été défini par la Communauté européenne. Après un report d'un an, sa mise en service a été rendue obligatoire au 5 août 2005 sur les véhicules neufs de transport de marchandises de plus de 3,5 tonnes, et les véhicules neufs de transport de voyageurs de plus de 9 places. Sur les anciens véhicules, il doit être mis en place à l'occasion du remplacement des équipements anciens. C'est un boîtier, de la taille d'un autoradio, comprenant deux lecteurs de cartes, un sélecteur d'entrée manuelle, un écran d'affichage et une imprimante. Relié de façon sécurisée aux capteurs du véhicule, le chronotachygraphe électronique enregistre sur sa mémoire les données relatives à l'utilisation du véhicule pendant une année :

– l'identité du ou des conducteurs ;

– les activités de conduite, de repos, de travail et de disponibilité ;

– le statut de conduite (en solo ou en équipage).

L'appareil conserve également, sur une année :

– les références du véhicule ;

– la distance parcourue ;

– les anomalies de fonctionnement et les pannes ;

– la vitesse sur les dernières 24 heures d'utilisation du véhicule, enregistrée au pas de la seconde.

Le nouvel appareil permet par ailleurs l'impression d'un rapport synthétique des activités.

4 cartes à puce relèvent les données contenues dans la mémoire ; elles sont gérées, sécurisées et distribuées par la société Chronoservices, sous le contrôle du ministère chargé des transports :

– La carte de conducteur, de couleur blanche, enregistre toutes les activités du chauffeur pendant au minimum 28 jours. Personnelle, elle est délivrée par l'État où le conducteur possède sa résidence principale. Cette carte s'utilise chaque jour de travail, quel que soit le véhicule équipé d'un chronotachygraphe électronique. Sa durée de validité est fixée à 5 ans.

– La carte d'entreprise, de couleur jaune, permet de lire les données enregistrées dans la mémoire des chronotachygraphes du parc de véhicules de l'entreprise. Une entreprise peut avoir plusieurs cartes. Délivrée par l'État membre où l'entreprise est installée, sa durée de validité est fixée à 5 ans en France.

– La carte de contrôleur, de couleur bleue, permet de lire les données enregistrées sur le chronotachygraphe. Elle est délivrée par l'État membre dont relève le corps de contrôle et peut être personnelle. Sa durée de validité est fixée à 5 ans en France.

– La carte d'atelier, de couleur rouge, est utilisée pour l'étalonnage et la maintenance des chronotachygraphes, par les ateliers et installateurs agréés par le ministère de l'Industrie uniquement. C'est la seule carte qui peut entrer des données dans l'appareil numérique. Sa durée de validité est fixée à 1 an.

7.4 Organisation des transports routiers

7.4.1 Les auteurs

■ Le transporteur en compte propre ou « transporteur privé »

C'est une entreprise ou un particulier qui transporte ses propres marchandises avec ses propres véhicules ou des véhicules loués et avec le plus souvent ses propres conducteurs. C'était la définition qu'en donnait le décret du 14 novembre 1949. Il lui est interdit de transporter des marchandises pour le compte d'autrui.

Ces transporteurs privés s'opposent aux « transporteurs publics », selon les appellations traditionnelles en France.

■ L'expéditeur ou donneur d'ordre : le « chargeur »

C'est celui qui, commissionnaire ou industriel, fait appel à un transporteur – l'expression « donneur d'ordre » est plus souvent utilisée à la place de celle de chargeur dans les textes récents.

■ Le commissionnaire

Intermédiaire entre un industriel et un transporteur qui joue le rôle de chargeur pour assurer des transports. La distinction entre les commissionnaires et les transporteurs n'est plus très significative car les entreprises de transport routier, classées normalement TRM, selon les codes NAF, sont classées OTF (codes messagerie et fret express, affrètement, transport international) dès lors qu'elles sous-traitent plus de 15 % de leurs transports. Or, les grandes entreprises de transport ont de plus en plus tendance à sous-traiter une part importante de leur activité.

■ Le transporteur public : messagerie, express, transports de lots

Il n'est pas très facile de s'y retrouver dans les propositions que font les transporteurs en France de ce qu'on appelle messagerie, messagerie rapide, monocolis, transport de lots industriels, etc. À l'origine, existaient la messagerie, le successeur routier du transport de colis par chemin de fer et le transport par lots. On rattachait à la messagerie tous les transports routiers d'envois de détail de moins de 3 tonnes avec groupage puis dégroupage pour la délivrance finale. Le décret n° 99-269 du 6 avril 1999 portant approbation du contrat-type applicable aux transports publics routiers de marchandise : « Par colis, on entend un objet ou un ensemble matériel composé de plusieurs objets, quels qu'en soient le poids, les dimensions et le volume, constituant une charge unitaire lors de la remise au transporteur (caisse, carton, conteneur, fardeau, palette cerclée ou filmée par le donneur d'ordres, *roll*, etc.) même si le contenu en est détaillé dans le document de transport ». Par ailleurs, le transport de lots de plus de 3 tonnes était réglementé avec une tarification routière obligatoire (TRO) qui est restée en vigueur jusqu'en 1989. Depuis, cette TRO s'est transformée en TRR (tarification routière de référence) qui, avec son tarif, structure encore dans leur forme une partie des contrats de transports entre entreprises, chargeurs et transporteurs.

Plusieurs types de prestations se partagent le marché de la messagerie et de l'express en France, mais cette situation évolue rapidement sous la pression de l'internationalisation du transport et particulièrement des sociétés spécialisées dans le transport du courrier et des colis ; on peut distinguer actuellement (*Transports Actualités*, 2000) :

– l'envoi de colis à des particuliers (B to C : *Business to Consumers*) du type vente par correspondance ou l'envoi de colis par des particuliers ; c'est une prestation classique de La Poste ;

– l'envoi de colis rapide par des entreprises à d'autres entreprises (B to B : *Business to Business*), souvent appelée « monocolis » ou « messagerie rapide monocolis » ; c'est une livraison à J + 1 le plus souvent (80 % des cas) ou J + 2 dans des zones peu accessibles, qui expédie des colis d'un poids maximum de 31,5 kg et d'un poids moyen de 5 à 6 kg ;

– l'Express France, prestation introduite sur le modèle de Federal Express aux États-Unis par les expressistes internationaux comme Fedex, DHL, Jet Service, TNT, UPS, etc., et qui permet d'envoyer en J + 1 avant 12 heures des colis de 2 à 15 kg en moyenne et d'un poids maximum de 30 à 140 kg selon les cas ; cette prestation typiquement B to B, est en train de s'étendre à la vente par correspondance ou par Internet B to C.

– la « messagerie rapide » en B to B permet d'expédier comme la messagerie rapide monocolis, des colis de 70 à 80 kg, éventuellement sur palettes, et d'un poids maximal qui varie selon les propositions entre 750 kg et 3 tonnes ; on parle aussi parfois de « monocolis » dans ce cas ; les prix sont évidemment moins chers au kilo que pour les catégories précédentes ;

– la messagerie rapide européenne qui permet d'envoyer en 24 heures, ou 96 heures pour des centres moins importants, des colis de l'ordre de 300 kg le plus souvent sur palette.

Il est vraisemblable qu'avec la concentration internationale des entreprises de transport, ces types de prestations vont peu à peu se standardiser dans les

différents pays. L'évolution la plus importante au cours des dernières années est l'évolution des Postes des différents pays dont certaines ont été privatisées, voire mises en Bourse, et qui ont racheté de nombreuses entreprises pour constituer des groupes qui se restructurent progressivement au niveau du marché international. La première poste lancée dans une politique de grande envergure sur ce modèle est la Poste allemande devenue Deutsche Post World Net après la reprise de très grands groupes de messagerie, d'express et de prestations logistiques (Danzas, ASG, Nedllyod ETD, AEI, DHL, Exel, etc.).

■ Location de véhicules

La location de véhicules est juridiquement différente de l'activité de transport public de marchandises. Elle est régie par un contrat de louage différent d'un contrat de transport. Il existe d'ailleurs un contrat-type créé par le décret du 14 mars 1986 qui prévoit la mise à disposition d'un véhicule industriel et d'un conducteur. Les principales différences sont les suivantes :

– l'entreprise qui donne le véhicule en location (le loueur), avec ou sans conducteur mis à disposition, n'organise pas les transports ; elle n'exerce pas l'activité de transport public et n'est redevable que d'une obligation de moyens : mettre à disposition véhicule et chauffeur dans les conditions du contrat ;

– l'entreprise qui utilise le véhicule, et éventuellement le chauffeur mis à disposition, fait du transport en compte propre : elle est responsable de l'organisation de celui-ci.

La présence d'un conducteur qui appartient à l'entreprise qui donne le véhicule en location a cependant obligé à bien délimiter les responsabilités de l'une et de l'autre :

– le loueur reste le seul employeur du conducteur et reste responsable des dommages causés aux tiers par la conduite du véhicule, y compris les opérations de manutention accomplies par le conducteur dans le cadre du contrat. Il doit conserver la surveillance des temps de conduite et des moyens d'enregistrement (tachygraphes). Il répond aussi des infractions au Code de la route commises par son préposé ;

– le loueur assume également la responsabilité des dommages causés aux tiers par le véhicule dont il conserve la garde et dont il assure l'entretien ;

– c'est l'entreprise qui utilise le véhicule qui est responsable des marchandises transportées (sauf à prouver la faute du conducteur), de leur arrimage et de leur chargement. Le loueur n'a donc pas à assurer les marchandises.

■ Le destinataire

Le destinataire est participant important au transport routier. Il a en effet de plus en plus des obligations strictes définies par des textes d'ordre public en ce qui concerne par exemple :

– le déchargement des marchandises,

– les conditions de réception des marchandises (rendez-vous, horaires, etc.),

– les possibilités de réclamation en cas d'avaries, etc.

■ B2C du transport

À l'heure du commerce électronique, il était évident que le transport devait trouver sa place d'autant plus qu'il existait déjà des sortes de bourses de fret

largement utilisées, par exemple sur Minitel. Ainsi, le service de fret Téléroute de Lamy enregistre 25 000 à 30 000 offres quotidiennes en contrats spots dont un tiers à l'international. En Allemagne, *Ikwonline.de* sur Internet joue le même rôle.

Avec le développement d'Internet, on voit se développer actuellement aux États-Unis, quatre sortes d'activités de ce type concernant le transport :

– Les premières sont de simples annonces, soit de marchandises à transporter, soit de transports disponibles sur une destination ; les négociations de prix sont menées entre chargeurs et transporteurs, indépendamment du site internet qui propose également assez souvent des offres d'emploi ou de matériels à vendre ; spécialisés dans un mode de transport particulier, ces services sont généralement disponibles par abonnement et les transporteurs et chargeurs constituent une sorte de communauté d'entreprises qui se connaissent déjà, parfois autour d'un transporteur ou d'un chargeur dominant qui a pris l'initiative de créer un tel site.

– Les sites d'enchères n'ont pas très bonnes réputations dans le e-business du B2B car retenir le prix comme seul critère de choix d'un transporteur, anonyme jusqu'au résultat des enchères, n'est pas nécessairement très judicieux. On les trouve cependant sur le marché du spot et le site lui-même joue alors un rôle d'intermédiaire en percevant du chargeur la rémunération et en la reversant au transporteur après avoir pris sa commission.

– Les portails spécialisés dans le fret représentent une activité assez différente en ce sens qu'ils proposent ou devraient proposer un certain nombre de services, outre le rapprochement des chargeurs et des transporteurs : demandes de prix, calculs de kilométrage et de temps de transport, calculs de prix de revient, production de documents, facturation, etc. Parmi ces services, il peut y avoir une sorte de certification des sociétés de transport à partir des expériences antérieures appréciées par les chargeurs.

– Les places de marché de transport répondent au concept des places de marché du B2B. Ils doivent offrir tous les services d'un portail spécialisé en transport mais ils constituent une sorte de bourse du marché spot aussi bien que du marché à durée déterminée.

7.4.2 L'organisation des trajets

■ Le principe de base de la messagerie et du monocolis

On a vu au chapitre 1 (voir figure 1.16) le principe de base de la messagerie et du transport en monocolis consistant à regrouper sur une plate-forme les colis rassemblés l'après-midi au cours de tournées de « ramasse », puis à les trier par destination pour organiser la « traction » vers chacune des destinations. Dans la nuit, par exemple, les différentes tractions emporteront les colis vers les autres plates-formes de l'entreprise où ils seront triés par destinataire et livrés dans la matinée au cours de tournées de distribution.

Les tarifs relativement élevés de la messagerie et du transport en monocolis permettent de supporter les coûts de ces transbordements sur plates-formes qui permettent de massifier les transports à longue distance. Avec le juste-à-

temps et le *cross-docking*, l'envoi de très petits lots avec des fréquences élevées oblige à pratiquer de tels systèmes pour le transport de lots industriels.

■ L'organisation des tournées

L'organisation des tournées, qu'il s'agisse des tournées de messagerie et monocolis ou des tournées de livraison à partir des plates-formes des industriels ou de la grande distribution, demande la mise en œuvre de techniques particulières.

Les méthodes courantes restent très empiriques et consistent souvent à diviser la zone géographique de livraison en plusieurs zones de tournée. On regroupe les bons de livraison par zones puis on laisse le conducteur organiser sa tournée quitte à étendre sa zone de livraison ou à la rétrécir au profit d'une autre pour égaliser les différentes tournées en nombre de livraisons et respecter les contraintes de poids ou de volume.

Une méthode empirique de préparation de tournée est la méthode dite « de balayage ».

– On représente les différents points à livrer sur le terrain – comme sur le carré en haut à gauche de la figure 7.3. La plate-forme est représentée au milieu et l'on voit chacun des points de livraison avec à côté un nombre qui indique combien de tonnes il faut y livrer. On a représenté une sorte d'essuie-glace centré sur la plate-forme qui peut tourner dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

– Sachant qu'un camion peut contenir seulement 23 tonnes, on fait tourner le balai progressivement en comptabilisant les tonnes à livrer. On ajoute ainsi successivement 3 tonnes, puis 8 tonnes, puis 1/2 tonne, puis 9 tonnes. La livraison suivante étant de 7 tonnes, comme le total dépasserait 23 tonnes, on arrête la rotation du balai et l'on considère une première tournée de 3 + 8 + 1/2 + 9 = 20,5 tonnes.

– De la même façon, on prépare une deuxième tournée en poursuivant la rotation du balai avec successivement : 7 + 12 + 3 = 22 tonnes.

– On prépare ensuite la troisième tournée en finissant la rotation avec : 5 + 6 + 4 + 5 + 2 = 22 tonnes.

On a ainsi préparé trois tournées qui ne sont pas nécessairement optimisées quant aux distances parcourues mais sont généralement assez correctement organisées comme cela a pu être démontré au moins à certaines conditions. On peut ensuite optimiser à la main le parcours à l'intérieur de chaque tournée.

Bien entendu, on peut obtenir une meilleure optimisation avec un programme informatique comme ceux qui utilisent la méthode dite « des gains successifs ».

On peut par exemple déterminer toutes les distances entre tous les points de la carte (plates-formes et points de livraison, figure 7.4). Les chiffres à côté de chaque point de livraison sont seulement les numéros de ces points (zéro pour la plate-forme). On ne tient pas compte pour l'instant des tonnages ni des autres contraintes que l'on réintroduira par la suite.

On peut à l'aide d'un programme informatique rechercher toutes les distances en tenant compte des routes existantes et l'on obtient une table des distances (tableau 7.1). Il y a par exemple, 253 km entre la plate-forme (0) et le lieu de livraison (1) et 452 km entre le lieu de livraison (4) et le lieu de livraison (2).

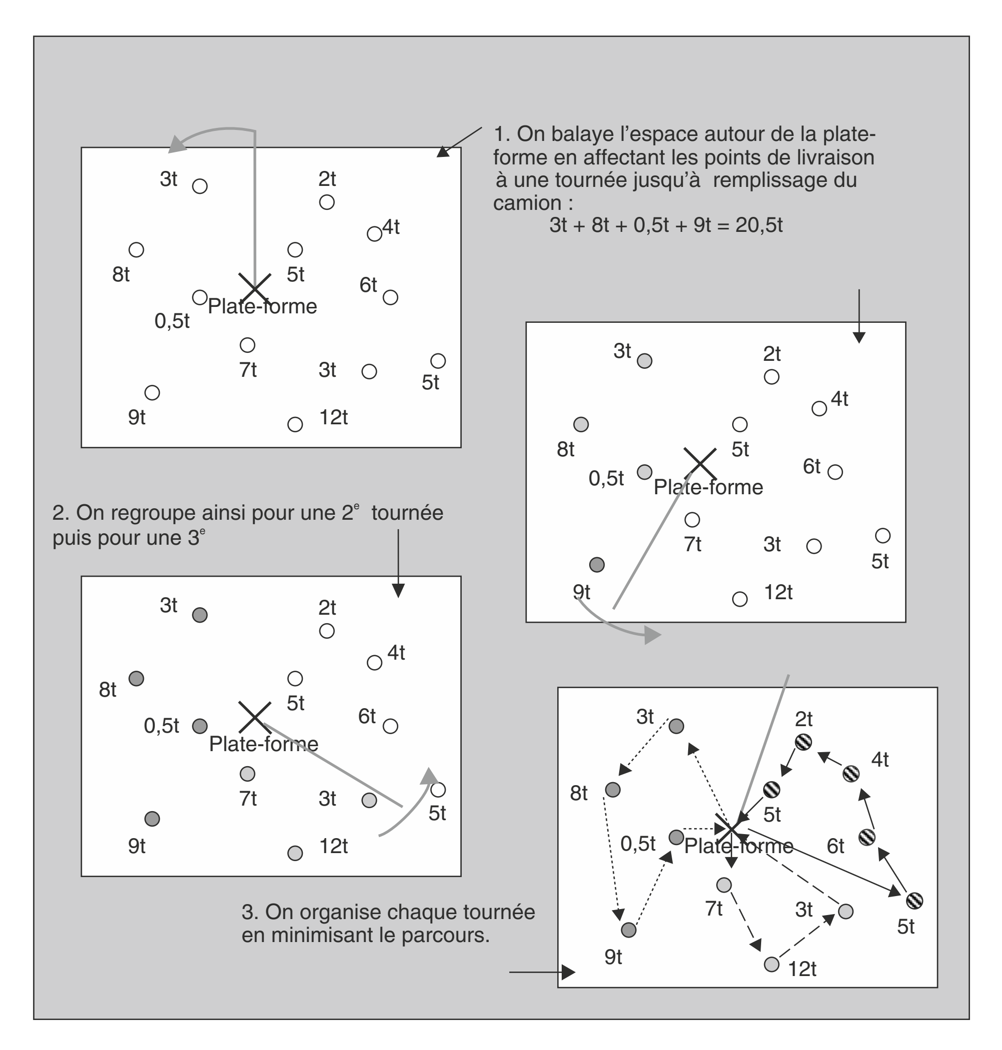


Figure 7.3 – La méthode de balayage.

On considère alors que la distance maximale que l'on peut couvrir pour livrer ces six points à partir de la plate-forme est la somme des allers et retours de la plate-forme à chacun des points, soit (253 + 220 + 71 + 252 + 81 + 175) × 2 = 2 104 km. On ne peut pas faire moins bien. Maintenant on peut améliorer ce résultat en regroupant par exemple deux allers retours.

Si l'on regroupe les allers retours 0-1-0 et 0-2-0, soit 473 × 2 = 946 km, on fera désormais le trajet 0-1-2-0. On aura gagné un retour 0-1 de 253 km et un aller 0-2 de 220 km mais l'on devra faire en plus un trajet 1-2 de 82 km ce qui fait un gain total de – 253 + 82 – 220 = – 391 km.

On peut faire le même calcul pour tous les regroupements par 2 possibles : 1 et 3, 1 et 4, 1 et 5, 1 et 6, 2 et 3, 2 et 4, 2 et 5, 2 et 6, 3 et 4, 3 et 5, 3 et 6, 4 et 5, 4 et 6, 5 et 6. On obtient les résultats du tableau 7.2.

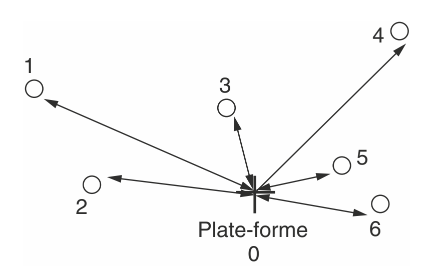


Figure 7.4 – Plates-formes et points de livraison.

Tableau 7.1 – Table des distances.

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
0	253	220	71	252	81	175
1		82	250	454	328	427
2			240	452	300	392
3				212	92	194
4					184	184
5						103

Tableau 7.2

	0-2-0	**0-3-0**	**0-4-0**	**0-5-0**	**0-6-0**
0-1-0	– 391	– 74	– 51	– 6	– 1
0-2-0		– 51	– 20	– 1	– 3
0-3-0			– 111	– 60	– 52
0-4-0				– 149	– 243
0-5-0					– 153

Il apparaît que c'est l'intégration des deux parcours 0-1-0 et 0-2-0 qui fait gagner le plus. On regroupe donc les deux livraisons (figure 7.5).

On peut maintenant regrouper le trajet 0-1-2-0 avec le trajet 0-3-0, mais l'on peut mettre le 3 entre le 0 et le 1 ou entre le 1 et le 2 ou entre le 2 et le 0. On peut aussi faire la même analyse avec le 4, le 5 ou le 6. On peut aussi envisager les fusions de 0-3-0 et 0-4-0, 0-3-0 et 0-5-0, etc. De proche en proche

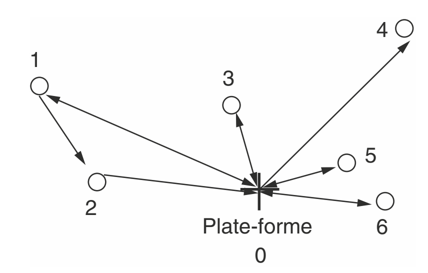


Figure 7.5 – Plates-formes et points de livraison.

on peut donc regrouper les trajets mais à chaque fois il faut se poser en plus les questions des contraintes : contraintes de poids et contraintes de volumes qui peuvent interdire une fusion. S'il n'y avait pas de contraintes on arriverait ici à regrouper tous les trajets en un seul. On notera bien qu'il n'est pas question d'utiliser une telle méthode avec un crayon et du papier mais sa compréhension permet de mieux utiliser les programmes disponibles à cet effet.

Il va de soi que ces méthodes manuelles ou automatisées ne déterminent pas un optimum absolu. Il faut demander cela à la programmation linéaire mais l'explosion combinatoire oblige alors souvent à des simplifications qui ne sont pas non plus toujours pleinement satisfaisantes.

■ Les différents types de trajets

La programmation des trajets au sein d'une entreprise de transport ou d'un service de transport privé est souvent le résultat de routines, d'ailleurs souvent efficaces. On dispose cependant désormais avec l'informatique d'un grand nombre de programmes de routage et aussi de préparation de tournées comme on vient de le voir.

On peut d'ailleurs se demander s'il est encore possible de s'en passer. Les bases de données routières permettent en effet d'établir des itinéraires précis à jour des modifications temporaires des conditions de circulation. Par ailleurs la complexité de la réglementation sociale et des règles de conduite compliquent terriblement n'importe quelle préparation d'itinéraire si l'on veut déterminer leur durée avec quelque précision. Comme les donneurs d'ordre demandent de plus en plus un très strict respect des rendez-vous ou des plages horaires, une prévision exacte devient indispensable. En outre, ces programmes permettent de réaliser des optimisations qui, dans la conjoncture actuelle, même si elles ne portent que sur quelques %, permettent au fil des jours de changer le sens des résultats d'une entreprise.

Le vocabulaire de l'organisation des trajets est désormais pour une grande part américain. On parle donc de :

– traction *point à point* pour désigner un trajet d'un camion plein (*full load*) allant d'un point à un autre qu'il s'agisse de la partie traction d'une messagerie entre deux plates-formes ou d'une livraison d'un industriel à un client unique. C'est le cas par exemple des livraisons « synchrones » d'un équipementier à un assembleur dans des délais qui ne permettent aucun passage par plate-forme ;

– trajets *multi drops* pour désigner ces trajets effectués par un véhicule qui charge en un seul point, par exemple une usine et livre à plusieurs clients successifs. C'est aussi un peu le cas de toutes les tournées de livraison à partir d'une plate-forme ;

– trajets *multi picks*, avec chargement en plusieurs points pour une livraison unique, par exemple un véhicule de distributeur qui va charger chez plusieurs fournisseurs d'une même région pour livrer sur une plate-forme ; c'est aussi le cas des *milk runs*, tournées de collecte du lait réalisées par un industriel auprès de ses divers fournisseurs, l'ensemble de ces tournées pouvant représenter sur la carte une sorte de marguerite ; cette technique permet d'augmenter la fréquence des livraisons et donc de diminuer les stocks avec des coûts de transport acceptables mais suppose un respect absolu des horaires de chargement dans chaque entreprise ;

– trajets *multi picks* et *multi drops* avec chargements sur plusieurs sites et livraisons sur plusieurs autres ;

– trajets *round trip* combinant chargement et déchargement tout au long d'une boucle revenant à son point de départ. C'est ce qu'on essaye de réaliser assez souvent en transport privé pour diminuer les temps de retour à vide.

Ces derniers types de trajets demandent une bonne maîtrise du chargement des véhicules pour ne pas devoir décharger certaines marchandises pour en atteindre d'autres. C'est une des fonctions du conducteur d'organiser ses chargements et déchargements à cet effet mais l'on dispose désormais de programmes informatiques d'aide en ce domaine qui peuvent rendre de grands services à condition que les bases de données des colis (palettes, cartons, etc.) soient suffisamment précises en ce qui concerne leurs dimensions.

Des expériences récentes et innovantes sont développées, testées sur des pilotes puis déployées au niveau national, telles que le développement des boucles fermées qui vont bien au-delà du bénéfice déjà réalisé des affrètements enchaînés. L'idée est d'identifier pour un chargeur donné transportant de forts volumes au sein d'un réseau constitué de points fixes (sites fournisseurs réguliers, usines, entrepôts clients réguliers) et de points mobiles (sites fournisseurs spot, entrepôts clients spot) des arcs fermés sur lesquels il est possible d'affecter une flotte de camions dédiée. Cela permet à la fois d'utiliser les camions chargés sur le retour et de faire face au phénomène constaté depuis de récentes années de pénurie de capacité de transport en particulier sur la période de fin du printemps et d'été que l'affrètement ne permet pas de sécuriser. Cette approche nécessite la mobilisation d'algorithmes spécifiques, une très bonne maîtrise des heures et des délais de chargement et de déchargement, le développement en région ou en central d'une fonction de pilotage des flux en termes de conception, de mise en œuvre et de suivi et enfin la mise en œuvre d'une fonction de *vendor management* qui signifie la gestion du prestataire assurant l'exécution de ces boucles. Les modalités relatives à la flotte de camions, location avec ou sans conducteur, leasing, propriété sont multiples et dépendent de la politique d'investissement du chargeur et aussi de sa politique sociale. La figure 6.7 représente de telles boucles en comparaison avec l'affrètement traditionnel.

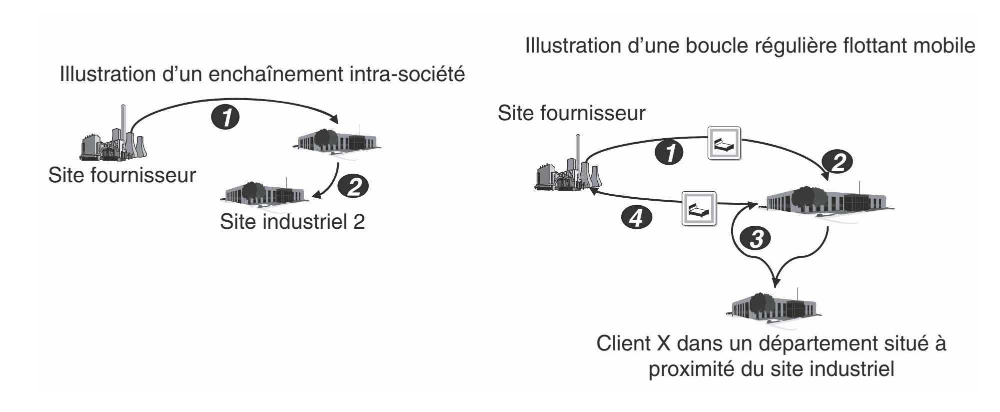


Figure 7.6 – Illustration de boucles fermées.

7.4.3 Situation des transports routiers français

La Fédération nationale du transport routier a publié en avril 2005 un *Livre noir* montrant les difficultés que rencontrent depuis quelques années les entreprises françaises du fait de la hausse permanente de leurs charges et de la concurrence d'entreprises d'autres pays européens qui bénéficient de charges moins élevées[1]. En 2004, une mission parlementaire de Francis Hillmeyer avait déjà mis l'accent sur ces difficultés dans son rapport au Premier Ministre[2].

Les éléments relevés sont les suivants :

– En 2003, le pavillon français ne représentait plus que 38 % des transports internationaux effectués en France (au départ ou à l'arrivée en France, hors transit, par des opérateurs soit français soit étrangers), alors qu'il représentait 52 % en 1992. Cette poussée des opérateurs étrangers a entraîné un repli des entreprises françaises sur les marchés nationaux. En 2003, les entreprises sous pavillon français n'ont effectué que 16 % de leur activité (t-km) à l'international, alors que ces activités représentaient 24 % en 1996.

– Au milieu des années 1980, la France réalisait plus de la moitié des transports bilatéraux avec la moyenne des pays de l'Union européenne. Sa part de marché a chuté depuis le milieu des années 1990. La moyenne assurée avec l'ensemble des pays européens par des entreprises sous pavillon français, qui était de 37 % en 2001, est passée à 33 % en 2002 (en baisse de 11 %). La France est ainsi devenue le pays de l'Union des 15 qui réalisait la part de marché la moins importante en relation bilatérale en 2002.

– La France a été, en 2002, le pays le plus caboté d'Europe avec 2,6 milliards de t-km, devant l'Allemagne (2,4 milliards de t-km). Le cabotage est le fait pour un transporteur routier d'effectuer des transports intérieurs dans un pays autre que le sien. Par rapport à l'ensemble du transport routier (compte d'autrui et compte propre), parmi les pays de taille similaire, la part du cabotage dans le

1. www.fntr.fr
2. www.ladocfrancaise.gouv.fr

marché intérieur était nettement plus élevée en France que dans les autres pays de taille similaire de l'Union européenne.

Les causes de cette réduction du transport routier français sont connues :

– La France est le pays d'Europe où les temps de travail et de conduite des chauffeurs sont les plus faibles. Selon une étude réalisée par CNR-Prognos, en 2001, le coût de l'heure de conduite en longue distance se situait, en France, 20 % au-dessus de la moyenne de nos principaux partenaires (Allemagne, Pays-Bas, Belgique, Royaume-Uni, Italie, Espagne, Portugal). Selon la même étude, le coût journalier du personnel roulant dans les entreprises tchèques, polonaises ou hongroises était trois fois moins élevé que celui de leurs homologues français.

– En février 2005, notre pays se situe au quatrième rang pour la TIPP sur le gazole consommé par les véhicules de plus de 7,5 tonnes de PTAC. Le niveau français de fiscalité est de 21 % supérieur à la moyenne européenne. Il est à noter qu'avec les nouveaux pays membres, le différentiel est de l'ordre de 26 %, ce qui aggrave le handicap de compétitivité déjà dû à la faiblesse des rémunérations dans ces pays.

– Les normes techniques imposées aux camions français à l'intérieur des frontières sont les plus basses d'Europe (40 tonnes et 4 essieux) comme en Allemagne, en Espagne et au Portugal mais à la différence des autres pays, qui acceptent de 44 à 60 tonnes (Suède) et 6 essieux. La productivité du transport français est donc une des plus basses.

– Sur la période des dix dernières années, les coûts ont donc progressé plus vite que les prix. De 1993 à 2003, le montant des charges par heure de conduite a augmenté de 59 %. Cette progression s'explique aussi par la mise en place de dispositifs spécifiques au transport routier, par exemple le congé de fin d'activité.

– Un effort sur la productivité des véhicules (meilleur taux de remplissage, durée d'utilisation plus longue) a permis d'améliorer le différentiel coûts-prix de – 10 % à – 4/5 %. Cet effet ciseau a conduit à une dégradation progressive du taux de marge net des entreprises (résultat net/chiffre d'affaires) et des grands résultats. La marge nette des entreprises du secteur est passée, en moyenne, de 2,5 % en 2001 à 1,2 % en 2002 et 0,9 % en 2003.

Outre la disparition progressive du pavillon français à l'international et la diminution de l'activité nationale, avec ses conséquences de chômage, la situation n'est pas nécessairement favorable aux conducteurs français malgré leur régime social. Comme le disait F. Hillmeyer, « les conducteurs routiers ne sont pas mécontents de travailler moins. Le problème est qu'ils gagnent moins, et cela provoque des analyses divergentes. Pour un salaire nominal de 100, l'entreprise doit payer 150 et le salarié, lui, récupère 75 ». On notera cependant, comme le faisait remarquer un transporteur allemand, qu'un point essentiel est une bonne planification de leur travail. Le fait pour un conducteur de connaître son programme pour les trois mois à venir et de savoir quels week-ends il passera chez lui est capital dans ce métier. Une mauvaise organisation des transports fait que parfois le conducteur français se retrouve, sans l'avoir prévu, bloqué un vendredi soir dans un parking d'une ville éloignée de son domicile et ceci peut être encore plus grave que le régime social et les temps de conduite.

Bien entendu, cette évolution qui porte les prix du fret à la baisse ne déplaît pas aux affréteurs qui y trouvent leur compte quelle que soit la nationalité du transporteur. On constate donc une certaine préférence pour la passation de contrats en enchères inversées plutôt qu'à travers des contrats de longue durée avec de grandes sociétés de transports bien que la France soit le pays d'Europe qui a le plus d'entreprises du TRM de plus de 50 salariés. Mais un autre phénomène complique la situation : il s'agit, comme on l'a vu au § 7.1, du développement paradoxal au sein de l'Europe de la reprise de grandes entreprises du TRM par le secteur public avec parfois une certaine propension à la réalisation de déficits considérables.

Les dernières estimations de la FNTR (Fédération Nationale des Transports Routiers) pour 2008 ont été publiées en décembre 2007 dans le cadre d'une lettre d'information qui porte le titre « en 2008, le transport routier sera cher et rare ». Les prévisions tablent en effet sur une augmentation des coûts de transport de + 7,7 % pour le transport longue distance et + 7 % pour la courte distance. Il est mentionné qu'il s'agit d'une augmentation sans précédent et que tous les postes de coût sont concernés le tout dans un contexte de prix du gazole professionnel cher, d'un rallongement de livraison des ensembles neufs par les constructeurs et d'une pénurie de conducteurs.

7.5 Économie du transport routier : établissement d'un tarif de contrat de transport

7.5.1 Principes

Lorsqu'un industriel souhaite passer un contrat de transport avec un transporteur, par exemple pour transporter des marchandises entre son entrepôt usine et les entrepôts de ses distributeurs, l'établissement d'un tarif peut être un sport dangereux à la fois pour l'un et pour l'autre. C'est cependant un cas de plus en plus fréquent car le développement du franco pour le premier transport, au détriment du « départ usine », oblige les industriels à faire assurer eux-mêmes ces transports. On exclura le cas où les marchandises sont transportées par camions entiers qui est plus facile à analyser.

Il faut, en effet, tenir compte de beaucoup de paramètres :

– des quantités unitaires à transporter, de leur nature (poids, surface de plancher, volume, caractère dangereux ou non, etc.), et de leurs destinations ; cette connaissance de la structure du fret est indispensable au transporteur mais l'industriel peut être dans l'incapacité d'effectuer des prévisions avec suffisamment d'exactitude ; il peut aussi se refuser à communiquer ces informations même sans engagements, ce qui est une attitude dangereuse car elle donne un avantage au précédent titulaire du contrat de transport ou peut faire profiter d'autres d'indiscrétions ;

– des engagements de durée de transport selon les destinations : engagement de délai, heures limites de remise des marchandises, heures limites de livraison à destination avec créneaux horaires, rendez-vous préalables, etc. ;

– des distances à parcourir et des itinéraires de façon à tenir compte du temps nécessaire à chaque transport et donc du repos nécessaire et réglementaire

d'un chauffeur au-delà d'un certain nombre d'heures de route, ce qui oblige, soit à interrompre le transport (avec éventuellement équipement de couchette dans le camion), soit à effectuer un changement de chauffeur ou un transfert sur une plate-forme ou un parking *ad hoc* ;

– des lieux de départ et d'arrivée et du fret existant sur cet axe, car le transporteur doit non seulement assurer le transport mais aussi le retour du camion ; tout dépend souvent de l'organisation que le transporteur peut mettre en œuvre pour assurer ces transports : la disponibilité d'une plate-forme à proximité de l'entrepôt de son client permet au transporteur d'aller chercher le fret de ses clients, puis de dispatcher les chargements pour les différentes destinations, ce qui donne un avantage aux transporteurs établis dans la région ;

– des conditions de chargement et de déchargement des marchandises : le contrat standard de transport routier établit à cet égard des différences entre les envois de moins de 3 tonnes pour lesquels le chargement et le déchargement sont à la charge du transporteur (ex-messagerie), et les envois de plus de 3 tonnes où ils sont à la charge de l'expéditeur et du réceptionnaire. Des conditions spéciales de créneaux horaires peuvent être prévues. Dans certains cas, un hayon ou une grue hydraulique peut être nécessaire pour le déchargement ; il peut parfois être plus avantageux de laisser une remorque à disposition du client pour préparer lui-même son chargement sous certaines conditions que de devoir faire attendre camion et chauffeur ;

– des conditions de gestion du transport : suivi du transport par le chargeur, documents, conditions de chargement et déchargement, etc. ;

– de la structure des coûts du transporteur bien évidemment. En dehors des coûts de plates-formes, les coûts d'exploitation d'un camion comprennent des coûts journaliers, donc semi-fixes et des coûts au kilomètre :

■ *pour les coûts journaliers* :

- le salaire, les frais de route et les charges relatives au chauffeur, ce qui peut représenter 30 à 50 % des coûts journaliers pour un semi-remorque classique,
- les coûts d'amortissement du véhicule (ou de renouvellement et de financement de l'emprunt),
- les charges de structure,
- les taxes,

■ *pour les coûts kilométriques :*

- le carburant,
- les pneumatiques,
- l'entretien et les réparations souvent sous-traités,

■ *pour les transports de type messagerie* obligeant à effectuer des transferts sur plates-formes et un changement de véhicule, soit après une opération de ramasse, soit avant la distribution, les coûts correspondants (voir *infra*).

C'est à partir de tous ces éléments que le transporteur doit faire ses propositions de tarif, ce qui n'est pas simple.

L'industriel a tout intérêt à préparer un cahier des charges détaillé qui inclura les éléments précédents sur la typologie des transports à effectuer mais également les critères de performance retenus et leurs sanctions (ponctualité,

respect des créneaux horaires, taux d'erreurs, etc.), les règles de sécurité et les protocoles de chargement-déchargement, etc.

Le tarif lui-même se présente souvent sous forme d'un barème à deux dimensions tenant compte des catégories de poids et des tranches de kilométrages. Pour les transports de messagerie à la demande, chaque barème peut correspondre à une catégorie de destination tenant compte de la structure des frets d'aller et de retour sur cette destination. Dans le cas d'un contrat général industriel-transporteur, un barème unique – ou avec deux catégories comme dans la tarification routière de référence – suffit, compte tenu que le transporteur est censé connaître la structure des transports à effectuer. Éventuellement, il peut y avoir plusieurs barèmes selon la nature des marchandises.

Le contrat ou le cahier des charges doit préciser avec soin les conditions de facturation pour l'application du barème de telle sorte que, par exemple, deux ordres de transport envoyés pour un même transport (même enlèvement et même destination) ne soient pas facturés séparément mais soient cumulés. L'industriel a tout intérêt à mettre en place une organisation simple mais efficace de vérification des factures.

7.5.2 Les tarifs de transport routier

■ L'intervention des États

La détermination du prix d'un transport ne résulte pas simplement du jeu de l'offre et de la demande sur un marché parfait. De nombreux phénomènes perturbent ces mécanismes :

– monopole de fait d'un transporteur sur une liaison ce qui lui permet d'imposer son prix aux petits donneurs d'ordre, le trafic n'étant pas suffisant pour permettre l'exercice de la concurrence ;

– différence de poids économique entre grands donneurs d'ordre (industriels ou distributeurs) et une population très nombreuse de petits transporteurs prêts à accepter des prix très bas lorsqu'ils se trouvent devoir effectuer un voyage de retour sans fret ;

– différence structurelle de trafic entre l'aller et le retour sur une liaison donnée, les tonnages dans un sens étant très différents des tonnages dans l'autre ;

– possibilités pour certains transporteurs d'imposer des tarifs différents pour des liaisons identiques selon leurs clients.

Pour tenter de régulariser ces marchés, les états ont souvent essayé d'imposer des tarifs de transport obligatoires. On trouve selon les époques et selon les pays de nombreux systèmes différents à cet effet :

– obligation pour un transporteur de déposer ses tarifs auprès d'un organisme de contrôle qui les approuve et obligation de les appliquer à tous les donneurs d'ordre ; c'est le cas des *Common Carriers* aux États-Unis ;

– obligation pour tous les transporteurs d'utiliser un tarif unique rendu obligatoire par un organisme public : cela a été le cas en France jusqu'en 1989 ; un organisme piloté par les représentants de l'État, le Comité national routier, imposait une tarification routière obligatoire, applicable à tous les transports de marchandises générales. Il en était de même en Allemagne et dans beaucoup d'autres pays.

La présentation même de ces tarifs a varié dans le temps et selon les pays et il en est résulté selon les pays des habitudes de présentation des tarifs même lorsque ces activités ont été déréglementées par la suite.

On trouve par exemple aux États-Unis des tarifs par nature de produits un peu comme les tarifs douaniers. On analysera la présentation de l'ancien tarif routier de référence français qui sert encore de modèle dans la présentation de beaucoup de tarifs en France. On connaît les tarifs de messagerie qui présentent des tarifs au poids et au colis en fonction de zones géographiques à partir d'un point de départ avec des modalités diverses pour les délais de livraison et autres prestations proposées.

■ Le problème de la tarification

Le problème de la tarification de ces prestations de transport routier est un des problèmes clefs de la logistique. C'est au même titre que la gestion des stocks ou la gestion de production, un aspect technique de la logistique. Or, il se trouve que les professionnels du transport qui maîtrisent les aspects tarifaires de leur profession – et ils ne sont peut-être pas si nombreux qu'on pourrait le croire – sont rarement des spécialistes des autres disciplines de la logistique, bien qu'il soit évident que la logistique soit par nature une recherche permanente d'un équilibre économique entre les stocks, la production et les transports. La tendance récente à mettre en avant dans les entreprises une fonction de pilotage des flux qui absorbe progressivement celle de gestion des stocks, devrait conduire à donner une triple formation aux futurs logisticiens pour qu'ils maîtrisent à la fois les techniques de gestion de production, des stocks et celles de tarification et négociation des transports.

On notera que la loi Sécurité et modernisation du 1er février 1995 impose la transmission au transporteur par écrit, et préalablement au transport, des informations nécessaires à l'exécution du contrat, de la liste des prestations annexes demandées, de l'acceptation des durées prévues et des conditions de rémunération. Cette loi est importante car, en dehors de la location où c'est obligatoire, un très faible pourcentage des transports effectués en France donnent lieu à la rédaction d'un contrat écrit.

À partir de ces informations, le transporteur doit pouvoir déterminer un prix de transport qui lui permet de couvrir ses charges, éventuellement en les répartissant entre les différents éléments d'un chargement ; et de dégager éventuellement une marge bénéficiaire. Le transporteur doit cependant pouvoir établir rapidement le montant de la rémunération de ce transport et donc disposer de tarifs préétablis à cet effet. Le chargeur doit en outre pouvoir prendre connaissance rapidement des conditions proposées sans avoir à discuter à chaque fois tous les postes de transport. Des principes simples de tarification constituent donc une base sûre pour la mise en œuvre de la concurrence.

7.5.3 Principe de tarification au voyage réparti

On peut procéder de façon plus ou moins complexe dans l'évaluation des coûts de voyage selon le degré de précision que l'on veut obtenir. Le plus simple est de décomposer classiquement les coûts en charges fixes et variables. On pourrait utiliser des méthodes d'analyse comptables encore beaucoup mieux adaptées à chaque situation individuelle de transporteur ou de chargeur.

☐ **Répartition entre charges fixes et variables**

On répartit d'ordinaire les coûts d'exploitation d'un camion en charges fixes qu'il faut supporter, quel que soit le parcours du camion – et donc même s'il est immobilisé – et charges proportionnelles au kilométrage parcouru. On distingue donc souvent un coût journalier et un coût kilométrique.

La décomposition analytique des coûts de transport s'appuie sur un ensemble de paramètres dont les plus importants sont les suivants :

– le nombre de kilomètres effectué par an : 115 500 km/an ;

– le nombre de jours d'exploitation soit 231 jours ;

– le nombre de conducteurs affecté à un ensemble tracteur-remorque qui permet un certain nombre d'amplitudes.

Tableau 7.3

PARAMÈTRES DE SIMULATION		1 amplitude	2 amplitudes
Chauffeurs	nombres →	1,1	2,2
Amplitude horaire	heures →	10,30	20,61
dont heures de nuit	heures →	1,00	8,00
Km effectués par jour	km →	500	1 000
jours de présence	jours →	231	231
tracteur : nombre d'années d'amortissement	années →	6,0	3,0
Km effectués sur la période	km →	693 000	693 000
Remorque : nombre d'années d'amortissement	années →	10	5
Km effectués sur la période	km →	1 155 000	1 155 000
DÉCOMPOSITION DES PRIX DE REVIENT PAR JOUR			
Carburant		142,19 €	288,54 €
Pneumatiques		12,75 €	25,50 €
Entretien et Réparation		31,17 €	38,96 €
Péages		27,00 €	54,00 €
Salaire et Charges		165,07 €	364,36 €
Frais de déplacement		36,51 €	73,02 €
Assurances		13,38 €	13,38 €
Taxes		2,55 €	2,55 €
Coût de détention du véhicule		48,65 €	91,17 €
Coût de détention des autres matériels		12,08 €	21,73 €
Coût de structure		73,19 €	83,19 €
Marge estimée à 10 %		56,45 €	105,64 €
Prix total par 24 heures		620,99 €	1 162,05 €
prix pour une amplitude chauffeur		620,99 €	581,02 €
Résultats : terme fixe et kilométrique			
Terme fixe		386,58 €	714,34 €
Terme kilométrique		0,47 €	0,45 €

Ces charges sont découpées en trois catégories :

– des charges semi-variables de personnel ;

– des charges fixes d'assurances, taxes, coûts de détention du tracteur et de la remorque et une part des coûts de structure moyens des entreprises ; les coûts de détention de l'ensemble recouvrent soit des amortissements et

des coûts de financement, soit des coûts de leasing, soit des coûts de location ;

– des charges variables au km parcouru concernant le carburant, les pneumatiques, entretien et réparation et péages.

Une telle analyse est intéressante en soi mais demande à être adaptée à chaque entreprise de transport dont les conditions d'exploitation peuvent s'écarter très sensiblement de la moyenne nationale. On trouve sur le site Internet du Comité national routier un programme qui permet d'effectuer de tels calculs à partir des données propres d'une entreprise. Les données précédentes, remises à jour chaque trimestre, fournissent donc seulement un référentiel de comparaison qui, correspondant à des moyennes, peut d'ailleurs servir à déterminer quel devrait être le prix « normal » d'un transport.

La difficulté est cependant de passer de cette analyse annuelle à la détermination du coût d'un transport particulier dont on connaît par exemple la distance à parcourir et le temps nécessaire.

☐ Le coût est uniquement fonction de la distance

En appliquant les résultats la fonction de coût est donc linéaire selon la formule :

$$C = 0{,}47 \times D + 386{,}58$$

avec C le coût du voyage en € et D la distance parcourue en km.

Une telle tarification est loin d'être satisfaisante car tous les voyages ne représentent pas une journée et sont d'autre part toujours de durée et de distance inégales. On affecte la même part fixe à un voyage court et un voyage plus long, alors que leurs paramètres de coûts peuvent être différents : consommation de gas-oil, péages, usures des pneus, frais de déplacements, etc. Un tel mode de calcul n'est d'ailleurs envisageable que pour un voyage qui ne dépasse pas une journée, sauf alors à introduire le nombre de jours J comme variable avec :

$$C = aD + bJ$$

☐ L'ancienne méthode du tarif de référence du CNR

On a vu que le CNR calculait en France une tarification routière obligatoire (TRO) jusqu'en 1989. Il a même continué de la publier jusqu'en 2001 sous le nom de tarification routière de référence. La méthode consistait d'abord à calculer le coût d'un voyage en fonction de sa distance pour un certain nombre de kilométrages types (« distances rondes » : 100, 200, 300,…, 1 000 km). L'on utilisait alors des statistiques pour chacune de ces catégories de voyages de façon à tenir compte des valeurs de paramètres propres à chaque catégorie. Le calcul était effectué pour chaque catégorie comme si l'ensemble routier n'effectuait toute l'année que des voyages de cette catégorie. On obtenait ainsi un prix de vente au voyage en ajoutant au total calculé un taux de marge de 9,89 %.

A priori un tel tarif établi avec une méthode analytique paraît très éloigné d'une tarification du voyage à partir d'un seul paramètre de distance ; tout au moins, il ne paraît pas évident qu'il existe une relation linéaire entre ce coût et la distance parcourue. En réalité si l'on reprend avec une droite de régression

les résultats de ces calculs pour les « distances rondes » ayant servi au calcul, on trouvait une bonne corrélation avec une droite du type :

$$C = aD + b$$

D étant la distance.

Tableau 7.4

Distance	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000
Prix de vente	14 173	20 106	26 461	31 784	37 693	43 137	48 352	53 294	58 847	64 187

On avait alors par exemple en 1995 (en équivalents euros) :

$$C_v = 1{,}28D + 219{,}61$$

avec C_V le coût au voyage pour le tarif n° 2 pour une charge de 21 tonnes considérée comme la charge moyenne par véhicule. Par rapport à la formule du paragraphe précédent, on constate, outre les différences de valeur, que le rapport entre les coefficients a et b a fortement augmenté au profit de a, ce qui revient à affecter, comme il apparaît normal à partir de la méthode utilisée, une plus forte influence au kilométrage.

Ce prix de vente au voyage pouvait être affecté d'un coefficient pour tenir compte de la difficulté que l'on peut rencontrer pour trouver du fret de retour ; on a vu que déjà on utilisait dans le kilométrage un coefficient kilométrique pour tenir compte de ce problème de retour mais sur certaines relations, il peut être particulièrement difficile de trouver du fret et l'on affectait le prix de vente au voyage d'un coefficient de 10 % ; pour ce faire, la France était divisée en 632 zones : certaines zones classées en tarif n° 2 étaient considérées comme ayant un équilibre entre le fret entrant et sortant et on y appliquait donc le tarif normal ; d'autres étaient considérées comme ayant un déséquilibre du trafic sortant et le transporteur pouvait donc avoir des difficultés à trouver du fret de retour : ces zones de destination du voyage avaient donc un tarif n° 1 affecté d'un coefficient de 10 % en plus pour compenser ce désavantage ; on déterminait ces zones à partir d'une table des localités telle que le *Dicoroute* de Lamy.

Le programme d'analyse du CNR, disponible sur son site Internet, permet aussi de calculer le coût d'un voyage quelconque en supposant que ce voyage constitue l'activité normale du véhicule tout au long de l'année, ce qui reconstitue en quelque sorte la méthode précédente d'analyse pour un type de voyage, à condition de disposer de tous les paramètres correspondant à ce voyage puisque le calcul ne repose pas alors sur des statistiques.

La méthode n'est cependant pas tout à fait satisfaisante pour déterminer un coût de voyage bien adapté aux caractéristiques du voyage lui-même. Elle avait l'avantage de la simplicité nécessaire pour construire un tarif mais maintenant que le CNR ne produit plus de tarif, il a été amené à proposer une méthode plus précise de calcul du coût du voyage.

☐ **La formulation trinôme actuelle du CNR**

Elle consiste à considérer séparément les trois catégories de charges vues précédemment dans l'analyse des coûts d'exploitation d'un ensemble de 40 tonnes et à déterminer chacune en fonction d'un critère différent :

– kilométrage du voyage pour les charges variables (carburant, pneumatiques, etc.) ;

– heure de service pour les salaires, charges et frais de route ;

– nombre de jours de voyage pour les charges fixes : coûts de détention du matériel, charges de structure, assurances, etc.

On obtient alors à partir des données précédentes pour un ensemble articulé de 40 tonnes en avril 2003 :

– 0,36 € pour le terme kilométrique ;

– 18,92 € pour le terme horaire ;

– 152,50 € pour le terme journalier.

Ainsi un voyage aller et retour de 2 × 850 km en 3 jours demandant deux fois 10 h 20 de conduite plus 3 heures de chargement et déchargement, soit en tout 23 h 40, pourra être évalué avant marge à :

$$(0{,}35 \times 1\,700) + (18{,}92 \times 23 \text{ h } 40) + (152{,}5 \times 3) = 1\,500{,}15 \text{ €}$$

7.5.4 Correctifs à apporter

Il est nécessaire d'apporter un certain nombre de correctifs pour obtenir un tarif plus réaliste, particulièrement en ce qui concerne les poids, les autres contraintes du transport et la présentation même du tarif.

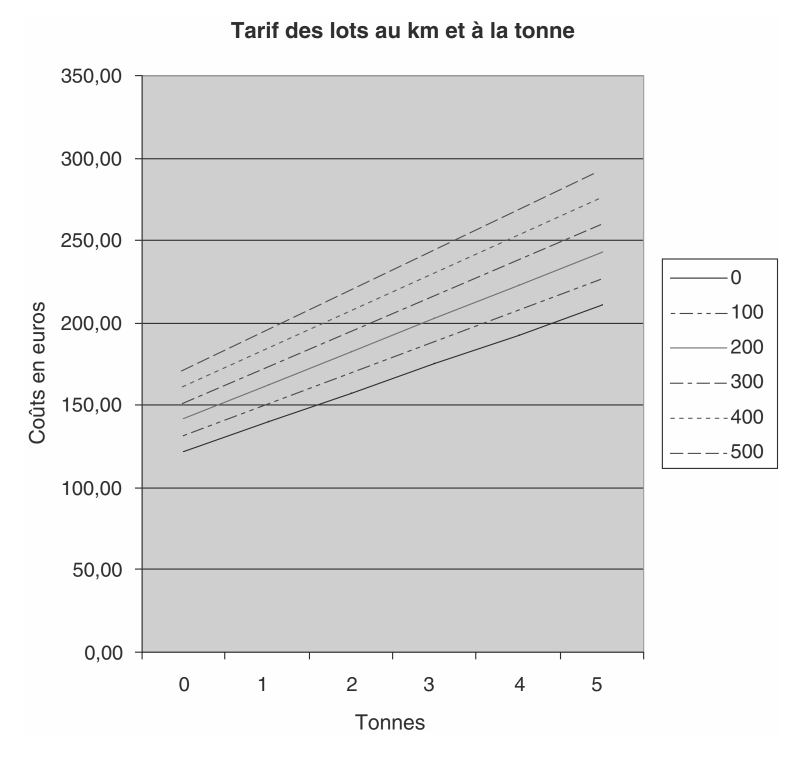


Figure 7.7 – Coûts à la tonne en fonction des km parcourus.

B

LOGISTIQUE DES FLUX ET DES STOCKS

■ Poids

En ce qui concerne le poids, il faut considérer que ce n'est pas la seule contrainte de chargement d'un camion. En effet, le chargement est soumis à plusieurs contraintes :

– une contrainte de charge utile égale à la différence entre le poids total autorisé en charge (PTAC) et le poids à vide, variable selon le nombre d'essieux ainsi que le poids total roulant autorisé (PTRA) ;

– une contrainte de surface au plancher ; ainsi la semi-remorque standard présente approximativement les dimensions utiles suivantes :

- largeur utile : 2,5 m,
- longueur utile : 13,50 m.

L'espace de chargement est compatible avec 3 palettes européennes disposées de front et permet de charger au sol 33 palettes qui seront présentées toutes dans le même sens au déchargement. Il peut aussi contenir 26 palettes 1 000 × 1 200 ;

– une contrainte de volume ;

– des contraintes éventuelles de fixation des marchandises.

Le poids est de plus en plus rarement la contrainte la plus importante : ainsi 33 palettes sur une seule couche pour un chargement maximum de 25 tonnes font un poids maximal par palette de 758 kg, ce qui est beaucoup. Certains matériaux de faible densité représentent un très faible poids pour une occupation au sol importante. On a donc pris l'habitude de considérer pour ces produits un « poids taxé » minimal, poids forfaitaire d'une unité de conditionnement ; ainsi, il sera précisé par exemple que le poids taxé d'une palette est au minimum de 400 kg. Il peut exister des poids taxés au fardeau ou au *roll*, ou encore au mètre cube, etc.

On peut aussi, et c'est de plus en plus souvent le cas, établir un tarif au mètre linéaire de plancher et non plus à la tonne.

■ Chargements, déchargements, retours et transferts sur plates-formes

Le regroupement des frais journaliers sur un seul voyage est bien entendu une simplification abusive, même si elle peut correspondre à un certain nombre de transports. Il faut donc corriger le facteur a'pour tenir compte des divers types de voyage (demi-journée, plusieurs jours, etc.). Mais d'autres corrections sont à effectuer pour tenir compte de la spécificité de chaque type de transport. En pratique, dans beaucoup de cas, les transports de lots sont divisés en plusieurs segments de voyage avec des passages en plates-formes comprenant déchargements, tris, regroupages et rechargements : souvent l'un pour la ramasse, un autre pour le transport proprement dit et un autre pour la distribution.

C'est le cas général pour la messagerie mais c'est aussi souvent le cas pour des transports de lots qu'ils fassent plus ou moins de 3 tonnes, selon l'ancienne distinction. Par exemple sur le schéma proposé figure 7.8, le donneur d'ordre demande le transport vers trois plates-formes distributeurs suffisamment éloignées les unes des autres pour que le transporteur ne puisse les transporter dans le même véhicule. On considérera donc trois lots diffé-

rents et pour des raisons de rentabilité, le transporteur ira prendre ces trois lots à l'usine avec le même camion puis, sur sa propre plate-forme pas trop éloignée de l'usine, les répartira en trois camions qui effectueront le trajet avec d'autres marchandises provenant d'autres donneurs d'ordre.

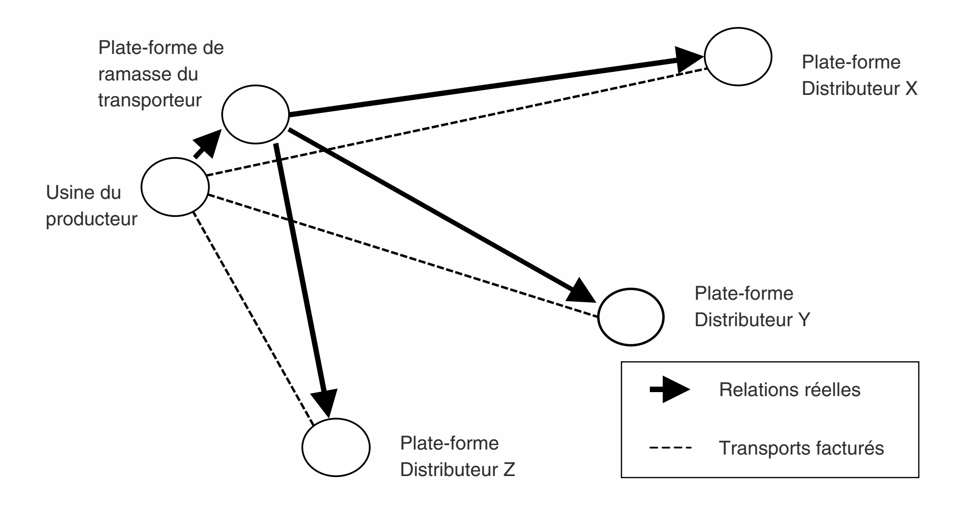


Figure 7.8 – Exemple de transport de lots.

Si les trois plates-formes de distributeur n'étaient pas trop éloignées, de telle sorte que les trois lots puissent être transportés dans le même camion, on aurait alors le schéma de la figure 7.9.

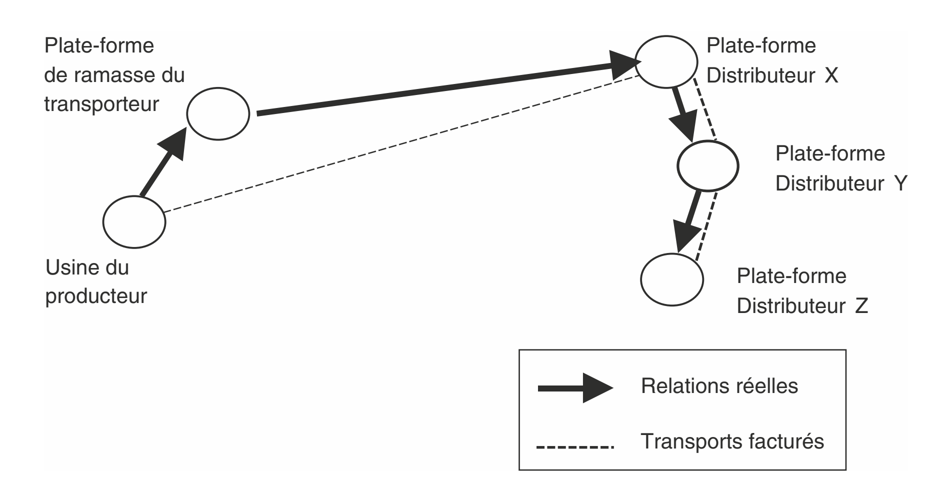


Figure 7.9 – Exemple de transport de lots.

Le passage par la plate-forme du transporteur ne sert qu'à compléter le chargement avec d'autres marchandises et le donneur d'ordre paiera alors le trajet total depuis son usine jusqu'à la plate-forme X puis, de là, à la plate-forme Y, et enfin à la plate-forme Z pour la totalité des lots. C'est ce qu'on appelle des « lots groupés » et selon les conditions générales du TRR, il est toujours possible pour le donneur d'ordre de faire les deux calculs pour choisir le moins onéreux. La même technique s'utilise quand des lots d'un même donneur d'ordre sont à prendre en différents établissements pour être transportés en un même lieu.

Lorsqu'il établit un tarif pour une proposition de contrat de transport et pour tenir compte de ces opérations de chargements, déchargements, retours et transferts sur plates-formes (trajets supplémentaires, manutentions, difficulté de trouver du fret au retour, utilisations de plates-formes et temps correspondants), le transporteur pourra modifier :

– les paramètres *a*, *b*, *c* et *d* ;

– les paramètres *a'*, *b'*, *c'* et *d'* ;

– ou encore à la main, certaines cases du tableau.

En choisissant de modifier les paramètres *a'*, *b'*, *c'* et *d'*, il pourra intervenir sur :

– le paramètre *a'* pour tenir compte de contraintes particulières de chargement et déchargement (temps supplémentaires), ou de procédures ou services particuliers demandés par le chargeur ;

– le paramètre *b'* pour tenir compte de trajets supplémentaires par rapport au reste des marchandises (lieux de ramasse ou de déchargement) ;

– le paramètre *c'* pour tenir compte des transferts sur plates-formes en tenant compte d'un coût unitaire de manutention à la tonne ou à la palette, etc. ;

– le paramètre *d'* pour se protéger de variations importantes dans le volume des transports à assurer, variations à la hausse par rapport à ce qui était prévu et qui peuvent l'obliger à acquérir ou louer des moyens supplémentaires avec un franchissement de seuil de coûts.

L'acheteur de transports a intérêt lui, pour comparer les différents tarifs proposés, à simuler différentes hypothèses de transports à effectuer – en fonction de ses prévisions – pour en mesurer les conséquences.

■ Présentation des tarifs

En ce qui concerne la présentation même des tarifs, ils ne sont pratiquement jamais présentés sous forme de fonctions de coût mais sous forme de tableaux à double entrée présentant les coûts à la tonne par poids et tranches de kilométrages sur le modèle TRR du tableau 7.5.

Les distances kilométriques à prendre en compte ne sont pas les distances kilométriques réelles mais une « distance tarifaire » entre les deux zones de classification, fournie par un document appelé « distancier ». Rappelons que la zone de destination est classée en zone 1 ou 2 suivant l'équilibre moyen de ses frets routiers d'entrée et de sortie et que l'on choisit respectivement le tarif 1 ou 2 – le tarif 1 est le tarif 2 augmenté de 10 % pour tenir compte d'un déséquilibre et donc d'une difficulté à trouver du fret en retour.

Tableau 7.5 – Exemple de tarifs.

km	3 t	5 t	7 t	10 t	15 t	20 t	23 t	25 t
101 à 105	256,2	185,1	155,4	130,5	112,3	104,2	99,1	96,7
…								
126 à 130	282,7	204,3	171,5	144,0	123,9	114,9	109,3	106,6
…								
351 à 360	525,7	379,8	318,9	267,7	230,4	213,7	203,3	198,3
…								
1 251 à 1 300	1 409,3	1 018,3	854,8	717,5	617,6	573,0	545,0	531,6
…								

■ La règle du « payant pour »

Lorsque le tonnage à transporter se présente entre deux poids, on peut prendre, soit le tarif du poids inférieur, soit le tarif du poids supérieur en « payant pour » le poids supérieur à son tarif si le montant de ce poids supérieur de la tranche suivante est plus intéressant. C'est ce qu'on appelle la règle du « payant pour ». S'il en était autrement, on pourrait avoir intérêt à compléter le chargement avec des cailloux ou n'importe quoi pour atteindre la tranche de tarif plus intéressante…

Par exemple, pour un tonnage de 8,5 t sur 102 km, on peut considérer :

– soit 8,5 t × 155,4 = 1 320,90

– soit 10 t × 130,5 = 1 305,00, ce que l'on retiendra.

Le TRR présentait pour chaque colonne, le poids minimum « payant pour » qui correspond au passage au poids supérieur ; dans le cas de la colonne 10 t, il correspond à 8,4 t.

■ Compléments de facturation

Le TRR prévoyait des compléments de facturation sous forme de prestations annexes ou accessoires qui s'ajoutent au montant du tarif.

On y trouve :

– les opérations d'encaissement ou de livraisons contre remboursement ;

– les frais de chargement ou déchargement de véhicules quand ils ne sont pas normalement à la charge du transporteur (voir *infra*) ;

– les frais d'immobilisation de véhicule, par exemple quand les temps d'immobilisation prévus contractuellement ou par contrat-type au chargement et déchargement se trouvent dépassés ;

– les nouvelles présentations à domicile quand la marchandise n'a pu être livrée lors d'une première présentation par la faute du destinataire ;

– la déclaration de valeur ou d'intérêt spécial à la livraison qui augmente la limite de responsabilité du transporteur, etc.

7.6 Le contrat de transport intérieur routier

7.6.1 Définition

Les contrats de transport routier à l'intérieur de la France sont régis par des textes généraux :

– Code civil pour les règles générales du droit des obligations ;

– Code de commerce :

- articles 96 à 102 relatifs au commissionnaire de transport,
- article 103 : principe de présomption de responsabilité,
- article 105 : modalités de la protestation motivée,
- article 108 : prescription ;

– Loi d'orientation des transports intérieurs (LOTI) du 30 décembre 1982 qui prescrit que pour tout transport effectué par un « transporteur public », un contrat de transport écrit est obligatoire qui mentionne :

- la nature et l'objet du transport (marchandises, point d'enlèvement, destination),
- les modalités d'exécution, d'enlèvement et de livraison,
- les obligations respectives de l'expéditeur, du commissionnaire, du transporteur et du destinataire,
- le prix du transport ainsi que celui des prestations accessoires prévues ;

– Loi Sécurité et modernisation du 1er février 1995 qui impose la transmission au transporteur par écrit, et préalablement au transport, des informations nécessaires à l'exécution du contrat, de la liste des prestations annexes demandées, de l'acceptation des durées prévues et des conditions de rémunération ;

– Décret n° 92691 du 23 juillet 1992 relatif à la coresponsabilité du donneur d'ordre ;

– Contrat-type « général » pour le transport de 3 tonnes et plus de mars 1986 (décret du 14 mars 1986) ;

– Contrat-type messagerie pour les envois de moins de 3 tonnes et plus de mars 1986 (Décret du 4 mai 1988) ;

– Arrêté du 5 décembre 1996 ADR sur le transport des marchandises dangereuses.

On notera qu'il s'agit là de véritables contrats de transport et non de contrats de location de camion avec ou sans chauffeur ou de commission de transport qui ont un régime juridique tout à fait différent.

En réalité, la plupart des transports routiers français ne donnent pas lieu à rédaction de véritables contrats de transport, et il a donc été créé des contrats-

types dont les dispositions s'appliquent pour tout ce qui n'a pas été prévu expressément entre les parties. Bien entendu, ils ne déterminent ni la nature et l'objet du transport, ni son prix mais les autres dispositions nécessaires. Ils s'appliquent exclusivement aux relations internes à la France. Ces contrats-types établis par un groupe de travail du Conseil national des transports (CNT) sont :

– le contrat-type applicable aux transports publics routiers de marchandises pour lesquels il n'existe pas de contrat-type spécifique (décret n° 99-269 du 6 avril 1999) ; c'est le contrat le plus général auquel il faut se référer le plus souvent : il recouvre à la fois les transports de messagerie (< 3 tonnes) et ce qu'on appelait les lots industriels ;

– le contrat-type pour le transport public routier en citernes (Décret n° 2000-527 du 6 juin 2000) ;

– le contrat-type pour le transport public routier d'objets indivisibles (Décret n° 2000-528 du 16 juin 2000), etc.

Lorsqu'il existe un véritable contrat, ses dispositions l'emportent sur le contrat-type concerné, sauf si certaines d'entre elles étaient illégales. En pratique, le plus souvent il s'agit :

– soit de contrats d'adhésion préparés à l'avance par une des parties (transporteur ou donneur d'ordre) sous forme de clauses imprimées ;

– soit d'un contrat général régissant les rapports entre un donneur d'ordre et un transporteur et qui s'applique à tous les contrats réalisés ensuite pendant sa durée.

Une opération de transport est une opération complexe qui peut poser de multiples problèmes de délais, de modalités de chargement ou déchargement, de responsabilité, de montants du transport et des frais accessoires, de conditions de paiement, etc. Bien entendu, l'aspect tarifaire est le plus important et doit être négocié avec soin car, comme on le verra, la négociation d'un tarif est un véritable métier relativement complexe et peu connu. Mais toutes les autres dispositions doivent être prévues en tenant compte d'une législation et d'une réglementation complexes qui, avec son abondante jurisprudence, constitue une branche du droit très particulière. Il est donc nécessaire de préparer des cahiers des charges relativement précis auxquels le contrat final fera référence.

Il existe, par ailleurs, une première Charte qualité chargeurs-transporteurs-distributeurs (hors denrées périssables), signée le 27 février 1998 entre un certain nombre de syndicats professionnels ou d'associations de ces trois catégories : AUTF, AFTRI, FNTR, FCD, etc. Ces organisations se sont engagées à faire respecter les dispositions de cette charte par leurs adhérents et en suivent l'application avec un comité de pilotage et une seconde charte de déontologie signée au sein de TLF (Fédération des entreprises de transport et logistique de France).

7.6.2 Les questions qu'on peut se poser sur le transport routier

Plutôt que d'analyser les dispositions réglementaires, il est plus simple de reprendre les principales questions qu'on peut être conduit à se poser sur les transports routiers en donnant les solutions apportées par le contrat-type et les précautions qu'il peut être utile de prendre.

■ Qui assure le chargement ou le déchargement ?

À défaut d'un contrat particulier, le contrat-type prévoit les dispositions suivantes :

– le transporteur :

• assure le chargement, le déchargement et l'arrimage des envois de moins de 3 tonnes ;

• met en œuvre des moyens techniques du véhicule : hayon, grue hydraulique, etc ;

• assure le débâchage et le rebâchage du véhicule ainsi que le démontage et la remise en place des ridelles, mais avec le concours et les moyens du personnel de celui qui est responsable du chargement et déchargement ;

• vérifie le chargement, le calage et l'arrimage effectués par l'expéditeur du point de vue de la sécurité du véhicule et de la conservation de la marchandise ; il peut formuler des réserves écrites sur le document de transport et même refuser la prise en charge de la marchandise ;

– le donneur d'ordre et le destinataire assurent le chargement, le déchargement et l'arrimage des envois de plus de 3 tonnes. Si le transporteur l'assure, c'est normalement une prestation supplémentaire à convenir.

■ Où doit être livrée la marchandise ?

Le contrat-type prévoit :

– pour les chantiers et les établissements industriels et commerciaux : dans leur enceinte. Rappelons l'obligation de l'arrêté du 26 avril 1996 d'établir entre le transporteur et le donneur d'ordre ou le destinataire, un protocole de sécurité précisant les lieux de stationnement, livraison, etc. ;

– pour les commerces sur rue, au pied du magasin (trottoir) ;

– pour les particuliers, au seuil de l'habitation s'il est accessible.

Normalement la livraison à l'étage est une prestation supplémentaire à convenir. On peut se poser la question pour des établissements (bureaux) situés en étage où il semble que la livraison devrait se faire à l'étage, sauf s'il existe dans l'immeuble une zone de réception pour l'ensemble des occupants.

■ Comment convenir des dates et heures de livraison ?

Les dates et heures de livraison peuvent être déterminées de différentes façons :

– elles peuvent être déterminées pour chaque transport sous forme d'un rendez-vous à une heure précise ;

– elles peuvent être fixées à l'avance pour tous les transports à intervenir dans des plages de réception pour chaque site ; dans ce cas, la date de livraison peut être ou non prévue ; la plage de réception peut être la journée entre une heure d'ouverture et une heure de fermeture ou la demi-journée selon le même principe ; la plage de réception peut être d'un temps plus réduit ;

– elles peuvent être déterminées pour chaque transport par une plage horaire spécifique – par exemple entre 6 heures et 7 h 30.

Ces rendez-vous devraient selon le contrat-type être fixés par écrit ou au moins sur un support mémorisable. Ce problème des rendez-vous est important car un centre de réception de marchandises n'a qu'une capacité de réception limitée en postes de déchargement et en personnel. Si le planning de réception n'est pas organisé, on aura donc des périodes d'embouteillage pendant lesquels des camions et chauffeurs devront attendre. Or, ces attentes sont coûteuses et doivent donc être limitées faute de quoi le donneur d'ordre devra en supporter le coût sous forme d'une rémunération supplémentaire prévue par le contrat-type.

■ Pendant combien de temps peut-on immobiliser camion et conducteur au chargement ou déchargement ?

La limitation du temps de chargement, déchargement ou d'attente est la conséquence directe du problème précédent. Le contrat-type a donc fixé des temps maximaux variables selon certaines catégories :

– pour les envois inférieurs à 100 kg et de moins de 20 colis : 15 minutes ;

– pour les autres envois inférieurs à 3 tonnes : 30 minutes ;

– pour les envois compris entre 3 et 10 tonnes et n'excédant pas 30 m^3 :

- en cas de rendez-vous respecté par le transporteur : 1 heure ;
- en cas de plage horaire respectée par le transporteur : 1 heure 30 ;
- 2 heures 15, en cas de rendez-vous manqués ;
- 2 heures dans les autres cas (pas de rendez-vous ni de plages horaires) ;

– pour les envois de plus de 10 tonnes ou supérieurs à 30 m^3 :

- en cas de rendez-vous respecté par le transporteur : 1 heure ;
- en cas de plage horaire respectée par le transporteur : 2 heures ;
- 3 heures 15, en cas de rendez-vous manqués ;
- 3 heures dans les autres cas (pas de rendez-vous ni de plages horaires).

Pour mesurer ces temps d'immobilisation :

– le point de départ est l'« identification » prévue par la loi du 6 février 1998 : c'est le moment où le conducteur se présente au point de déchargement et informe le représentant du réceptionnaire qu'il est prêt à décharger ; il doit noter cette heure sur un document de suivi ;

– cependant, si le camion est en avance sur l'heure de rendez-vous prévu ou le début de la plage horaire prévue, le temps d'immobilisation ne commence qu'à cette dernière heure ;

– les délais ne sont pas interrompus pendant l'heure du déjeuner entre 12 heures et 14 heures ;

– lorsqu'il y a rendez-vous, un retard de 30 minutes est admis par rapport à l'heure d'arrivée fixée et la durée d'immobilisation acceptée en est augmentée d'autant ;

– lorsqu'il n'y a pas de rendez-vous ou de plage horaire, si la durée d'immobilisation dépasse 18 heures – ou l'heure de fermeture de l'établissement – elle

est suspendue jusqu'au lendemain 8 heures – ou l'heure d'ouverture de l'établissement.

Au-delà de cette durée d'immobilisation, il y a facturation d'une rémunération complémentaire.

Ces règles du contrat-type peuvent être remplacées par des règles contractuelles prévoyant :

– des règles particulières de rendez-vous ou plages horaires ;

– des modalités de prise de rendez-vous (délais, procédures, confirmations, etc.) ;

– des règles d'information ;

– des règles d'attentes en cas de retard du transporteur (priorité des autres transporteurs arrivés à l'heure, par exemple, ou priorité aux denrées périssables) ;

– des pénalités pour le transporteur selon l'importance de son retard (voir *infra*) ;

– des pénalités pour le réceptionnaire selon l'importance de son retard, etc.

■ De quel délai dispose le transporteur pour assurer sa prestation et quelles sont les conséquences d'un retard ?

Il est possible, bien entendu, de déterminer contractuellement un délai en prenant cependant la précaution que ce délai n'entraîne pas des conséquences contraires au droit du travail des conducteurs. Une fois ce délai convenu, il faut encore déterminer quelle en est la sanction si le transporteur ne le respecte pas. On peut prévoir une indemnité pour un retard mais, le plus souvent, les contrats de transport sont des contrats généraux qui intéressent de nombreux voyages pendant la durée du contrat. On prévoit alors assez souvent une clause de qualité en prévoyant, par exemple, un indicateur de qualité des relations assurées en pourcentage des relations assurées dans les temps prévus pendant chaque semaine ou chaque mois. On calcule cet indicateur en rattachant chaque voyage à cheval sur une semaine ou un mois à la semaine ou au mois d'arrivée à destination. On peut alors prévoir un objectif de qualité, par exemple 98 % des relations assurées dans les délais prévus, et prévoir une indemnité de *x* francs par point entier en dessous de cet objectif, avec une échelle progressive jusqu'à un maximum ; on peut même prévoir, après un certain nombre de mauvais résultats, une cause de rupture du contrat par le donneur d'ordre ; on prendra cependant la précaution de considérer suffisamment de voyages dans l'unité de temps : en effet, un voyage par jour pendant une semaine de 5 jours fait que si un seul voyage est en retard, le ratio tombera à 80 %. On peut prévoir une formule plus complexe tenant compte de la durée des retards.

S'il n'y a pas eu de délai prévu, il convient d'appliquer alors le contrat-type. Si aucun délai n'a été convenu, le problème est de savoir à partir de combien de temps, le donneur d'ordre est en droit de réclamer des indemnités en cas de retard. Le contrat-type prévoit un délai d'acheminement constitué de la somme de deux délais :

– un délai de transport d'une journée par fraction indivisible de 450 km ;

– un délai de livraison à domicile (quels que soient le tonnage et la nature de l'envoi : messagerie ou lot), d'une journée.

Passé ce délai, le donneur d'ordre est en droit de réclamer une indemnité si ce retard lui cause un préjudice. Mais cette indemnité ne peut dépasser le prix du transport. Il est cependant possible au donneur d'ordre de mentionner par écrit le montant du préjudice qu'il estime subir du fait d'un éventuel retard, montant qui remplacera le plafond précédent du prix du transport. Pour un contrat d'une certaine durée, le donneur d'ordre a donc intérêt à négocier avec le transporteur, un délai (raisonnable) et un « intérêt spécial à la livraison ».

La charte qualité chargeurs-transporteurs – distributeurs prévoit que « sauf accord particulier, les chargeurs s'engagent à remettre les envois aux transporteurs dans un délai de 5 jours ouvrables précédant la date de livraison demandée par le distributeur ». Ce délai constitue donc un délai maximal. Par ailleurs, « les chargeurs s'engagent à accorder aux transporteurs des délais d'acheminement qui leur permettent de respecter les horaires de livraison, tout en se conformant aux dispositions légales et réglementaires relatives à la vitesse, aux temps de conduite et de repos, en tenant compte des modes d'exploitation utilisés. » Cette disposition peut paraître l'expression de bonnes intentions sans grande portée, mais il faut reconnaître que la grande distribution et les producteurs exercent souvent sur les transporteurs des pressions très fortes pour obtenir des livraisons en urgence qui peuvent être à l'origine d'infractions des conducteurs et de leurs employeurs.

■ Quelle est la responsabilité du transporteur en cas de perte ou d'avarie ?

Le transporteur ne peut s'exonérer totalement de sa responsabilité, mais sa responsabilité :

– ne peut être mise en cause que s'il y a eu des réserves émises selon des formes précises (voir *infra* « Que doit-on faire en cas d'avarie constatée à l'arrivée ? ») ;

– est limitée :

- soit au titre de limitations contractuelles s'il a été établi un contrat spécifique ; le donneur d'ordre peut faire une déclaration de valeur dans le contrat, déclaration écrite qui substitue cette valeur au plafond du contrat-type ;
- soit au titre des contrats-types : le contrat-type général prévoit des plafonds d'indemnisation de 14 € par kilo et de 2 300 € par tonne pour les envois de 3 tonnes et plus, et un plafond de 23 € par kilo et de 750 € par colis pour les envois de moins de 3 tonnes ;
- soit au titre du contrat de transport international (CMR : 8,33 DTS/kg).

Ces limitations ne jouent pas en cas de faute lourde ou de dol du transporteur. En revanche, le transporteur peut s'exonérer de sa responsabilité en excipant de la force majeure (événement traditionnellement imprévisible, irrésistible et extérieur) ou du vice propre de la marchandise, ou encore de la faute de tiers (l'expéditeur pour un défaut d'emballage, etc.).

Selon le contrat-type, il y a une présomption de perte de la marchandise quand elle n'a pas été livrée dans les 30 jours qui suivent l'expiration du délai convenu ou du délai maximal du contrat-type.

Que doit-on faire en cas d'avarie ou de manquants constatés à l'arrivée ?

Dans le cas de manquant ou d'avarie, il est nécessaire selon l'article 105 du Code de commerce :

– d'émettre des réserves écrites, précises et motivées à l'arrivée sur la lettre de voiture au lieu de livraison et en présence du chauffeur (les formules générales du type : « sauf vérification ultérieure » ou « sous réserve de déballage » n'ont pas de valeur juridique) ; le contrat-type prévoit que le destinataire peut à l'occasion de la livraison, faire des réserves motivées sur l'état de la marchandise. S'il ne l'a pas fait, il ne lui est cependant pas interdit d'invoquer ultérieurement une avarie ou une perte ;

– de confirmer ces réserves par lettre recommandée avec accusé de réception (ou exploit d'huissier) **au transporteur** dans les trois jours qui suivent la livraison (non compris dimanche et jours fériés). Attention : ceci ne peut se faire par fax et doit être fait auprès du transporteur et non du commissionnaire ou du fournisseur. Cela ne doit pas non plus se faire le jour même mais dans les trois jours qui suivent la réception ;

– au cas où il peut y avoir désaccord sur l'importance des dommages, de recourir (si ce n'est nécessaire, c'est en tout cas possible) à un mode particulier d'expertise propre au transport ; la demande doit en être faite au tribunal de commerce aux frais de la partie qui demande, mais remboursée éventuellement par celle qui est dans son tort.

Une action judiciaire ne peut être engagée ensuite que dans l'année qui suit la constatation de l'avarie ou du manquant.

Quels documents doivent être remis au transporteur et quels documents doit remettre le transporteur ?

Commande de transport

La loi du 1er février 1995, dite de modernisation du transport routier, prévoit qu'un certain nombre d'informations doivent être fournies au transporteur, selon le principe exprimé par le ministre que « tout ce qui se commande s'écrit, et tout ce qui s'écrit se paye ». Il s'agit d'éviter que le transporteur ne souscrive à des demandes abusives du chargeur profitant de sa position économique en principe dominante.

Ces informations doivent être fournies au transporteur par écrit (ou système informatique permettant la traçabilité) avant la présentation du véhicule :

– Noms et adresses de l'expéditeur et du destinataire avec numéros de téléphone et de fax.

– Noms et adresse complètes des lieux de chargement et déchargement avec numéros de téléphone et de fax.

– Nom et adresse du donneur d'ordre.

– Dates, et éventuellement heures, des chargements et déchargements : attention, si le délai était trop court, cela peut entraîner la responsabilité du donneur d'ordre pour incitation au non-respect des réglementations.

– Heures limites de mise à disposition du véhicule en vue du chargement et du déchargement : afin d'éviter que le transporteur n'arrive avant ouverture ou après fermeture de l'établissement.

– Nature de la marchandise, poids brut de l'envoi (y compris celui des palettes et autres supports de charge), marques, nombre de colis, d'objets ou de supports de charge (palettes, *rolls*, etc.) qui constituent l'envoi : à noter que chaque colis, objet ou support de charge doit être étiqueté.

– Métrage linéaire de plancher ou volume nécessaire : si ces informations sont nécessaires pour la tarification.

– Spécificité de la marchandise, lorsque celle-ci requiert des dispositions particulières (marchandises dangereuses, denrées périssables, etc.).

– Modalités de paiement (port dû ou port payé).

– Autres modalités du contrat de transport : livraison contre remboursement, débours, déclaration de valeur, déclaration d'intérêt spécial à la livraison.

– Numéro de la commande et références de l'envoi : nécessaires au destinataire.

– Éventuellement, prestations annexes convenues : par exemple échange de palettes, chargement ou déchargement d'envoi de plus de 3 tonnes.

Le donneur d'ordre doit également fournir les pièces nécessaires au dédouanement, au contrôle des régies, police, etc.

☐ **Protocole de sécurité**

Rappelons qu'il doit exister un protocole de sécurité entre le transporteur et le responsable de l'établissement de chargement ou de déchargement.

☐ **Lettre de voiture**

Ce document est établi en 5 exemplaires par l'expéditeur ou le transporteur, selon un modèle établi par le Comité national routier. Il est obligatoire pour tous les transports pour compte d'autrui de lots de plus de 3 tonnes à plus de 150 km.

La lettre de voiture comprend :

– Le cachet du transporteur.

– La date d'établissement et le numéro de commande ou du devis accepté.

– L'identification du donneur d'ordre (client ou commissionnaire).

– Les instructions du transporteur au conducteur : la place de cette rubrique est très petite.

– Les nombre et nature de la marchandise (avec poids, volume ou mètres linéaires déclarés).

– L'indication de marchandises dangereuses ou à température dirigée.

– L'identification de l'établissement de chargement.

– Les date et heure d'arrivée au lieu de chargement : c'est l'identification prévue pour le conducteur ainsi que la date et l'heure de départ ; ces informations sont signées par le conducteur et le représentant du remettant.

– L'identification de l'établissement de déchargement.

– Les date et heure d'arrivée au lieu de déchargement : c'est l'identification prévue pour le conducteur ainsi que la date et l'heure de départ ; ces informations sont signées par le conducteur et le représentant du destinataire.

– Les prestations annexes au chargement et au déchargement (convenues et non convenues à l'origine) signées par le demandeur : elles permettront la facturation de ces prestations.

– Les marques, nombre de colis, poids, cubages, etc.

– Les instructions de l'expéditeur.

– Les transporteurs successifs.

– Les réserves et observations du transporteur.

– Les réserves et observations du destinataire, etc.

Ce document comprend :

– un exemplaire qui accompagne la marchandise ;

– un exemplaire de contrôle qui reste à bord du véhicule ;

– un exemplaire conservé par l'entreprise ;

– un exemplaire pour l'expéditeur ;

– un exemplaire pour le destinataire.

■ Comment doit être organisée la réception des marchandises ?

La réception des marchandises recouvre plusieurs activités :

– la prise de rendez-vous ou la détermination de créneau horaire, ainsi que l'organisation des relations avec le chauffeur (constatation de l'arrivée, délais, emplacements, règles de sécurité selon un protocole, émargement des documents, etc.) ;

– le déchargement des marchandises ;

– la constatation de leur état apparent, d'éventuelles avaries ou de manquants et la procédure de constatation et de réclamation correspondante ;

– la constatation du bon état des marchandises dans les rapports avec le fournisseur lorsqu'il s'agit de marchandises achetées.

■ Doit-on réaliser un cahier des charges pour un contrat de transport ?

L'usage de cahiers des charges détaillés en matière de transports est relativement récent en France. Il est vrai que les grandes entreprises nationales et administrations avaient l'habitude de réaliser des documents nombreux et détaillés, mais ces cahiers des clauses administratives ou des clauses techniques n'étaient pas nécessairement très précis sur les modalités des prestations logistiques proprement dites.

Avec l'externalisation de leurs transports réalisée par un grand nombre d'entreprises, les procédures d'appels d'offres avec cahier des charges se développent rapidement, ce qui ne signifie pas que les transports effectués dans le cadre de ces appels d'offres donnent lieu ensuite à des contrats écrits. Un certain remplacement des ventes départ usine par des ventes franco conduisent également les industriels à s'intéresser à ces conventions, qui concernent le plus souvent plusieurs transporteurs car la plupart des industriels préfèrent en conserver plusieurs. Il s'agit de contrats d'un ou deux ans, ou parfois plus compte tenu du temps de négociation de l'appel d'offres et de mise en place des nouvelles prestations. Ces cahiers des charges sont extrêmement variables puisque certains d'entre eux comportent quelques pages et d'autres plus

de 200 pages. De tels appels d'offre devraient définir avec précision, non seulement les conditions tarifaires, mais encore des données précises sur la typologie et les volumes des flux. Ils peuvent déterminer des critères de qualité : ponctualité dans l'enlèvement et la livraison, matériels utilisés, état de ces matériels, respect des consignes de sécurité, avisage, documents de transport, tenue des livreurs et « habillage » des camions pour un transport dédié, etc. Lors de la négociation tarifaire, le chargeur peut demander au transporteur de justifier de ses coûts qui peuvent être supérieurs ou inférieurs à ceux calculés à partir des barèmes du CNR. Particulièrement en ce qui concerne la messagerie, il est souvent utile de procéder à de véritables simulations géographiques des flux pour pouvoir comparer des barèmes proposés. On assiste à un certain développement des conventions dites *open books* qui consistent pour le transporteur, à ouvrir sa comptabilité au chargeur pour partager selon des règles convenues les augmentations ou diminutions de charges. Cette pratique est particulièrement répandue en Grande-Bretagne.

La bonne exécution d'une procédure logistique était affaire de rodage, et la connaissance qu'avait un chauffeur de l'entrepôt de chargement ou de destination, des caractéristiques logistiques des marchandises, de leur chargement et de leur arrimage, du personnel du donneur d'ordre ou des réceptionnaires étaient à la base de la bonne exécution des procédures. De nombreux éléments ayant une grande incidence sur la prestation pouvaient être le résultat d'arrangements locaux et progressifs : modalités de chargement, horaires et rendez-vous, facturation de prestations particulières, etc. L'urgence était souvent le prétexte pour prendre des dispositions non prévues initialement. Il en résulte que l'équilibre réel d'un contrat, souvent non écrit, pouvait être très différent de ce qui avait été prévu à l'origine et que les relations établies entre les personnels des transporteurs et des donneurs d'ordre comptaient souvent beaucoup plus que les termes convenus officiellement. Le transporteur ayant l'expérience d'un client bénéficiait ainsi d'un avantage important sur ses concurrents, et il était difficile de le remplacer ou, tout au moins, le personnel du donneur d'ordre pensait souvent que le changement de transporteurs entraînait des risques graves de dysfonctionnement.

L'évolution actuelle de la logistique et la recherche de moindres coûts conduisent les principaux donneurs d'ordre à négocier avec beaucoup de soin leurs prestations de transport. Il est évident que cela ne peut se faire sans une définition précise des prestations demandées et une négociation très précise avec les candidats.

Une autre raison conduit à établir des cahiers des charges détaillés. La logistique et plus particulièrement les transports donnent lieu à de multiples incidents. Ceci tient à la complexité des procédures et surtout à la multiplicité des intervenants. Lorsque des incidents se produisent, il faut leur trouver une solution rapide et c'est le premier rôle du logisticien, mais il faut aussi évaluer les responsabilités de chacun et mette en œuvre des procédures d'indemnités ou de compensations. Lorsqu'il n'existe ni contrat ni cahier des charges détaillés, cette tâche devient très difficile et peut déboucher directement sur du contentieux coûteux et aux résultats aléatoires. Il est préférable d'avoir défini à l'avance les règles, ce qui peut se faire de plusieurs façons :

– on a vu que le législateur avait développé tout un arsenal législatif et réglementaire, y compris des contrats-types qui s'appliquent en l'absence de

conventions entre les parties, mais ces dispositions parfois mal connues ne sont pas toujours favorables au donneur d'ordre ;

– les transporteurs et particulièrement les plus grandes entreprises (express par exemple) ont réalisé des contrats d'adhésion qui leur sont évidemment favorables ;

– la réalisation d'un cahier des charges est pour un donneur d'ordre d'une certaine importance à la fois un bon moyen de bénéficier des dispositions les plus favorables et de négocier avec précision avec ses transporteurs.

7.7 Stratégie du donneur d'ordre de transport

7.7.1 Études et simulations des transports

■ Principes : le distancier

La plupart des aides que l'informatique peut apporter à la résolution de problèmes de transports routiers reposent sur l'utilisation d'un « distancier » ; le terme n'est d'ailleurs plus tellement approprié pour désigner une véritable base de données géographiques et littérales accompagnée de nombreux programmes sophistiqués. Un tel système comprend en général :

– une représentation cartographique des routes et autres voies à plusieurs échelles, avec possibilités de zoom pour passer, par exemple, d'une carte d'Europe à une carte de France, etc., jusqu'à un plan détaillé d'une ville ;

– un fichier des segments de voies comprenant pour chaque segment les coordonnées de ses extrémités, la distance, la nature de la voie, son nom, etc. ;

– un fichier des péages, tunnels, etc. ;

– un fichier d'adresses permettant de retrouver à partir d'une adresse postale, soit la ville concernée, soit son emplacement exact (segment de voie) ;

– des programmes permettant d'établir des itinéraires, d'organiser des tournées, d'établir un plan de transport, etc.

■ Détermination d'un itinéraire

C'est une des tâches les plus courantes. Le programme détermine l'itinéraire en fonction :

– de la demande de l'utilisateur ;

– de la distance la plus courte ;

– de l'itinéraire le plus rapide ;

– de l'itinéraire conseillé ;

– des caractéristiques du véhicule et éventuellement des vitesses moyennes définies par types de voie pour le véhicule considéré ;

– des voies et de leurs limitations de vitesse ;

– pour certains systèmes, des règles de conduite des poids lourds (temps de repos, etc.) ;

– éventuellement des temps d'attente prévisibles (frontières, tunnels, etc.) ;

– des temps de chargement et déchargement prévus aux différents points de passage, etc.

■ Organisation des tournées

Le problème de l'organisation de tournées est un peu plus complexe car il ne s'agit plus seulement de choisir entre plusieurs itinéraires possibles mais :

– de déterminer dans quel ordre un véhicule va se rendre en plusieurs points, en vérifiant que les poids et volumes à transporter entre ces points sont compatibles avec les capacités du véhicule et en optimisant un paramètre (distance à parcourir par exemple, ou coût de la tournée) ;

– de déterminer comment plusieurs camions vont effectuer de telles tournées, en se partageant les livraisons ou ramassages à effectuer et en optimisant un paramètre (coût des tournées, par exemple) ; ceci peut se faire de plusieurs façons :

- en organisant des tournées fixes parcourant des itinéraires déterminés avec une périodicité fixée (tournées de ramassage agricole), par exemple, parce qu'on ne connaît pas à l'avance les quantités à ramasser ;
- en organisant des tournées par zones : on découpe le territoire à parcourir en un certain nombre de zones et l'on prépare chaque jour la tournée de chaque zone en fonction des adresses et des quantités à livrer ; l'avantage de ces tournées par zones est que le conducteur spécialisé dans une zone connaît les différentes adresses, ses correspondants aux lieux de livraison ou chargement, etc. : il gagne ainsi beaucoup de temps et d'efficacité, particulièrement pour des tournées impliquant de nombreux points en ville ; assez souvent on pourra faire varier les frontières de chaque zone en fonction des volumes de façon à rééquilibrer les tournées au jour le jour, chaque tournée pouvant s'étendre si nécessaire à une partie des zones limitrophes ;
- en reconfigurant les tournées, chaque jour, pour optimiser.

La détermination de la ou des tournées optimales peut s'effectuer, soit à partir d'algorithmes tels que l'algorithme des écartements de Kruskal, soit par programmation linéaire.

■ Dimensionnement d'un service de transport

Assez souvent, l'on connaît les principaux transports que doivent assurer chaque jour les véhicules d'un service de transport : volumes ou tonnages moyens, distances, temps moyens. On peut donc rechercher à l'aide des méthodes examinées au § 7.4.2 les solutions optimales.

Il faut cependant prendre garde que les données précédentes ne sont que des moyennes et que, comme pour la gestion des stocks, des moyennes sont insuffisantes pour déterminer une gestion. On tiendra donc compte des facteurs suivants :

– prise en compte des tendances avec un horizon compatible avec la pérennité du niveau déterminé du service de transport. Comme toujours, les prévisions ne doivent pas être établies localement mais résulter des prévisions générales d'activité de l'entreprise ;

– prise en compte des variations saisonnières soit pour déterminer les moyens permanents nécessaires – avec un risque de sous-emploi partiel une partie de l'année ou chaque semaine – soit pour prévoir des moyens complémentaires certains jours ou pendant certaines périodes (locations, sous-traitance, etc.) ;

– prise en compte de la variabilité des transports à assurer : comme toujours chaque évaluation moyenne doit être accompagnée d'un écart type ou d'un écart absolu moyen (EAM). De la même façon qu'on ne peut gérer un stock sans prévoir un stock de sécurité, on ne peut gérer une flotte de transport sans avoir analysé la variabilité des besoins. Le problème est cependant un peu plus complexe en ce sens que plusieurs produits partagent les mêmes moyens de transport et que la variabilité des besoins des différents transports à assurer n'est pas, comme toujours, égale à la somme des variabilités de chacun des transports, de la même façon que la variabilité d'un transport n'est pas égale à la somme des variabilités de chacun des produits/destination de ce transport. Afin d'éviter des calculs, on effectue parfois le calcul des moyens supplémentaires nécessaires en ajoutant aux prévisions moyennes de transport en tonnes, volumes ou palettes, un seul EAM afin de tenir compte de ce phénomène, au lieu d'ajouter un nombre d'EAM correspondant au seuil de probabilité choisi. La méthode est cependant loin d'être rigoureuse ;

– mesure systématique des temps réellement nécessaires à chaque trajet en tenant compte des routes, des temps d'attente de chargement ou déchargement, etc., en plus des temps légaux de repos et des vitesses moyennes selon la nature de la voie. Cela doit résulter de feuilles de route précises remplies systématiquement par les conducteurs. On devrait bien entendu pour être rigoureux tenir compte des écarts types sur ces durées de trajet, dans la mesure où l'on peut penser que leur variabilité est régie par une loi de Laplace-Gauss…

On peut remarquer que si l'utilisation de méthodes relativement rigoureuses est généralement admise en gestion des stocks, très souvent la gestion des transports s'accommode de méthodes beaucoup plus frustres, les techniques de prévision et de gestion n'étant encore que fort peu enseignées en ce domaine.

7.7.2 Les choix possibles

■ Nature et environnement des choix possibles

Le premier choix que doit faire un industriel qui a des marchandises à transporter porte sur le transport en flotte propre ou la sous-traitance. Il faut cependant noter que les deux solutions présentent bien des variantes possibles :

– Pour le transport en flotte propre :

- acquisition des véhicules ;
- leasing ;
- location financière avec ou sans entretien ;
- location de camions avec ou sans chauffeurs.

– Pour le transport sous-traité :

- sous-traitance classique à partir d'une convention avec un transporteur ;
- sous-traitance à partir d'une convention avec un commissionnaire de transport ;
- filialisation avec participation d'une société spécialisée ;
- sous-traitance dans le cadre d'une convention logistique plus générale (entreposage, pilotage, etc.).

Le choix ne répond évidemment pas aux mêmes critères selon que l'entreprise est une entreprise nouvelle qui se crée ou une entreprise disposant déjà de sa propre organisation de transports avec véhicules et conducteurs. Dans le premier cas, il serait probablement dangereux de vouloir monter directement sa propre organisation avant que les volumes et les destinations ne soient stabilisés et à une époque où l'entreprise éprouve des besoins importants de se centrer sur son cœur de métier et d'utiliser à plein son capital disponible. Dans le second cas, le problème qui se pose présente non seulement un aspect économique, voire commercial, mais aussi un volet social qui peut être important. Il est souvent difficile de recaser le personnel de conduite au sein de l'entreprise car c'est un personnel de faible niveau de formation assez souvent, aimant travailler à l'extérieur avec beaucoup d'autonomie et peu habitué à des horaires réguliers et des tâches répétitives. La solution peut être alors dans la filialisation ou dans la passation d'un contrat de sous-traitance avec reprise du personnel, type de contrat dont la négociation peut être délicate.

■ Critères de choix

Les critères de choix sont de natures très différentes, même si le premier est souvent celui du coût comparé de l'une ou l'autre solution.

□ Coût

La réduction du coût est souvent le motif principal d'une externalisation des transports. Souvent en effet, les entreprises ne peuvent obtenir des coûts comparables à ceux d'un transporteur pour plusieurs raisons :

– Les salaires habituels de l'entreprise peuvent être supérieurs à ceux d'une entreprise de transport et dans un service interne, des augmentations substantielles ont pu être obtenues au fil du temps en dehors des grilles habituelles des entreprises de transport.

– Les horaires de travail de l'entreprise sont généralement très différents de ceux d'une entreprise de transport et, même si des adaptations ont été faites pour les conducteurs, l'absence de convention collective spécialisée rend difficile la mise en place de ces régimes spéciaux.

– Les camions de l'entreprise doivent le plus souvent effectuer des retours à vide faute de pouvoir prendre du fret, ce qui leur est interdit par les règles légales du transport privé.

– La gestion d'un service de transport n'est pas toujours assurée par les cadres les plus brillants de l'entreprise mais parfois par des cadres maisons promus à l'ancienneté, ce qui ne représente pas toujours les meilleures conditions pour développer la performance économique. Or, l'efficacité du transport routier repose sur une organisation sophistiquée avec des systèmes évolués d'informatique et de télécommunications ou de radiocommunication et un contrôle de gestion très précis.

En revanche, la sous-traitance peut entraîner des surcoûts qui peuvent être parfois très importants :

– Surcoûts résultant d'une négociation mal conduite ou de contrats mal rédigés : par exemple, la comptabilisation de plusieurs envois à une même destination en monocolis différents au lieu d'un seul chargement peut modifier complètement la tarification, parfois du simple au double.

– Surcoûts résultant d'une absence de concurrence sur des destinations peu fréquentées.

– Obligation de passer un contrat particulier pour le retour des palettes ou autres emballages.

– Mauvaise connaissance des coûts réels pour le transporteur, ce à quoi on peut remédier par le système de l'*open book,* peu utilisé en France par opposition avec la Grande-Bretagne, mais la méconnaissance des coûts réels de transports en flotte propre est un phénomène très fréquent…

☐ **Immobilisation du capital**

Le transport en flotte propre avec des véhicules achetés oblige à immobiliser un capital qui peut être important et trouverait peut-être un emploi plus rémunérateur dans une autre activité de l'entreprise. En effet, le transport de marchandises n'est pas une activité spécialement rémunératrice et l'on a intérêt à comparer le taux d'actualisation de son entreprise à ce que l'on peut attendre d'un transport en flotte propre.

☐ **Flexibilité**

À condition d'avoir été prévues dans les contrats passés, des variations de trafic importantes dues, par exemple, à des variations saisonnières sont mieux absorbées par une sous-traitance que par un transport avec ses moyens propres. Il en est de même en période de développement rapide ou au contraire de diminution d'activité.

Cela étant il faut ne pas sous-estimer le problème déjà mentionné de pénurie de transport.

☐ **Rôle commercial**

Un conducteur appartenant à l'entreprise peut jouer un rôle commercial important. C'est en effet lui que l'on verra le plus souvent chez le client et avec une formation adaptée, il peut jouer un rôle important pour promouvoir l'image de l'entreprise. De la même façon, un camion peut être un support publicitaire intéressant, soit qu'il appartienne à l'entreprise, soit que cette décoration ait été prévue dans un contrat de sous-traitance.

☐ **Performance**

Il est difficile de déclarer a priori si un transport externalisé sera plus ou moins performant qu'un transport avec son organisation propre. La définition contractuelle des performances attendues et des pénalités associées constituent un point important. Il peut arriver que le transport en flotte propre soit effectué avec des véhicules mieux adaptés aux conditions des transports à assurer : un 40 tonnes occasionnel peut avoir du mal à livrer certains clients…

☐ **Gestion des transports**

L'étendue d'un contrat logistique peut être très variable depuis le simple transport jusqu'aux *Third Party Logistics* voir le *Fourth Party Logistics*. L'entreprise peut préférer se concentrer sur son cœur de métier en abandonnant à une entreprise extérieure la gestion complète de son plan de transport. Au contraire, il n'est pas inutile d'observer que Wal-Mart, que l'on ne saurait considérer comme un distributeur mal géré, a conservé sa flotte propre…

■ Négociation des contrats

Le premier aspect de la stratégie du donneur d'ordre de transport est la négociation de son ou de ses contrats de transport. On notera en effet que de nombreux industriels préfèrent conserver plusieurs transporteurs plutôt qu'un seul de façon, d'une part, à ne pas se trouver entre les mains d'un seul transporteur et d'autre part, à profiter des avantages régionaux dont peuvent disposer certains transporteurs, par exemple par la disposition de plates-formes d'éclatement ou d'une organisation de tournées de distribution urbaine qui demandent des types de camions et de chauffeurs différents des organisations de transport sur longues ou moyennes distances.

Ce maintien de plusieurs entreprises de transport pour un même industriel se trouve actuellement réduit par la tendance de quelques très grandes entreprises à faire appel à de grandes entreprises de logistique qui prennent en charge non seulement les transports mais aussi l'entreposage, l'expédition, les transferts sur plates-formes, le pré- ou *post-manufacturing*, etc. L'industriel s'en remet alors entièrement à l'entreprise de logistique pour organiser ses transports.

Cependant dans les autres cas, avec des tarifs comme ceux que nous avons analysés, où la part des coûts fixes est relativement élevée, l'industriel a intérêt à augmenter l'importance des tonnages à chaque transport au moins dans certaines limites. Le pilote des flux peut avoir une certaine latitude pour gérer ses transports en complétant certains transports ou en réduisant certains autres, à condition que ces changements ne provoquent pas des ruptures de stock ou des retards inacceptables. L'anticipation d'une commande peut d'ailleurs jouer le même rôle que le retard d'expédition d'une autre. Le concepteur du plan de transport peut donc inclure, dans son plan de transport, des délais suffisamment larges pour pouvoir procéder à de tels arbitrages. C'est une chose de garantir à un client une livraison dans les 24 heures et c'en est une autre de lui garantir une livraison dans les 24 heures pour 80 % des cas et dans les 48 heures pour les 20 % restants. Souvent une telle disposition peut être acceptable par le client. On peut, d'autre part, prendre la précaution de lui demander son avis au coup par coup avant d'anticiper ou de retarder une expédition. Le transport entre les établissements de deux entreprises différentes est par nature une tâche coopérative, quel que soit celui qui supporte la dépense correspondante. Il en est de même, mais plus facilement, lorsque le transport s'effectue entre deux entrepôts appartenant au même industriel.

Il importe également de bien distinguer les notions de transfert de propriété, d'ordonnancement du transport et de support des risques de transport. Ces distinctions sont bien faites avec les Incoterms dans le transport international. Il importe de bien les préciser dans les contrats de transport nationaux. Par exemple, un distributeur peut organiser ses transports de telle sorte que ses fournisseurs le livrent franco sur les plates-formes régionales de son ou ses transporteurs qui se chargent d'effectuer le transport régional jusqu'au point de vente. La réception des marchandises et le transfert de propriété peuvent être effectués à l'arrivée sur le point de vente (réception de la marchandise), alors que la charge du transport passe du fournisseur au distributeur à l'arrivée sur la plate-forme. Les risques de transport sont assurés jusqu'à la plate-forme par le transporteur du fournisseur et, de la plate-forme au point de vente, par le transporteur du distributeur qui procède sur la plate-forme à une réception

des colis mais non des marchandises. Bien entendu, ces répartitions doivent être précisées dans les contrats d'achat avec le fournisseur.

■ **Gestion tarifaire des transports routiers par le chargeur**

Le chargeur ne doit pas se contenter de négocier au mieux le tarif mais encore doit-il gérer les transports afin d'en réduire les charges. Ceci doit se faire de différentes façons :

– Il est tout d'abord nécessaire de regrouper au mieux les envois afin de bénéficier des tranches supérieures du tarif. Les différences entre les tranches supérieures et inférieures peuvent être, en effet, parfois très importantes. Or, il est parfois possible de regrouper des envois en demandant au destinataire s'il accepterait un délai plus important ou d'être livré plus tôt.

– Il est aussi nécessaire de vérifier la facturation et particulièrement les données sur lesquelles elle s'appuie : des erreurs de poids ou de m^2 de plancher peuvent à la longue représenter des sommes importantes ; de la même façon, certains transporteurs peuvent être tentés de ne pas regrouper des ordres de transport concernant des marchandises qui participent au même transport.

7.8 Techniques de transports ferroviaires

Malgré la primauté du transport routier sur le marché des transports terrestres, il peut être utile de s'intéresser au transport ferroviaire. En effet, les problèmes d'environnement entraînés par le développement du transport routier sont en train de devenir insupportables et la plupart des pays européens envisagent de redévelopper le transport ferroviaire, même s'il ne s'agit pour l'instant que de lui éviter de perdre de nouvelles parts de marché au cours des prochaines années…

7.8.1 Principes

Le principe du transport ferroviaire est simple et bien connu. Il est cependant nécessaire de bien situer les différentes étapes d'un transport ferroviaire (figure 7.10).

Le 1er trajet d'approche peut se faire :

– soit par voie ferrée, à condition que l'entreprise dispose d'une installation terminale embranchée (ITE), c'est-à-dire d'une voie ferrée reliée au réseau et pénétrant jusque dans son entrepôt. Le ou les wagons remplis à l'entrepôt pourront alors être conduits à la gare la plus proche où ils seront rattachés à un train ;

– soit par camion, si le volume à transporter ne permet pas de remplir un wagon et qu'il convient de passer par un organisme qui va regrouper le fret ou si l'entreprise ne dispose pas d'un ITE ; les coûts du chargement et du déchargement du camion puis du transport viennent s'ajouter au coût précédent.

Le trajet principal sera :

– soit direct jusqu'à la gare de destination ;

– soit décomposé en plusieurs transports avec des opérations de triage du ou des wagons.

Le 3e trajet, comme le premier, peut se faire, soit par voie ferrée jusqu'à une ITE, soit par camion.

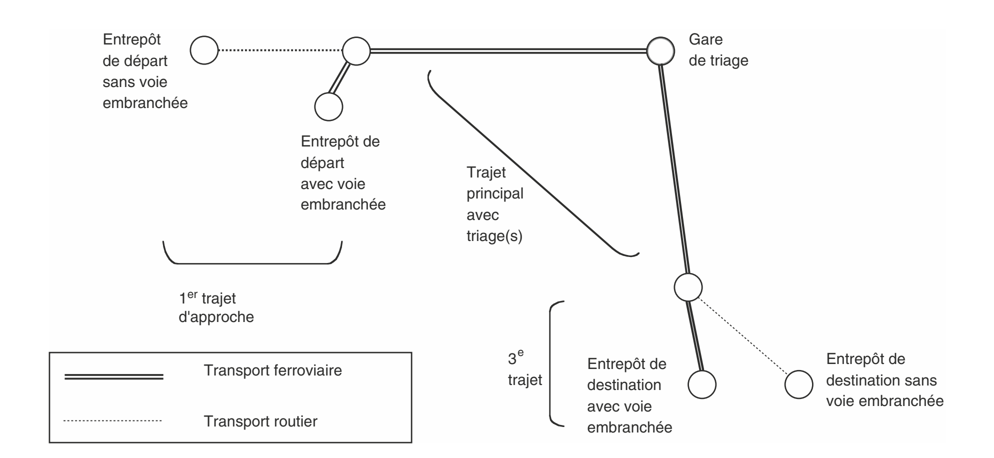


Figure 7.10 – Principe du transport ferroviaire.

Il faut rajouter le retour du wagon qui devra le plus souvent revenir à vide au moins depuis l'ITE et parfois à son point de départ. Le coût du retour du wagon dépend de l'exploitant du parc et du fret qu'il peut trouver pour le retour (Wagon SNCF, loueur de wagon, parc de l'entreprise, etc.). Les wagons vides sont acheminés par la SNCF par trains complets d'au moins 80 essieux.

Il résulte de cette organisation nécessaire que le transport ferroviaire trouve sa rentabilité avec des segments de marché particuliers :

– longues distances pouvant être accomplies dans le 2e trajet et permettant d'amortir les autres trajets ou les coûts des ITE ; des études de coût un peu anciennes donnaient un seuil de 400 km entre deux ITE et de 600 à 700 km avec des transports routiers d'extrémité pour égaliser les coûts avec ceux du transport routier ; en réalité les coûts du transport ferroviaire sont très mal connus. La SNCF par exemple se refuse à communiquer de façon précise sur le sujet. Elle déclare en général que la rentabilité ne peut être obtenue qu'au-delà de 800 km. En Europe, on peut cependant considérer que le transport international devrait être une caractéristique évidente du fret ferroviaire. Or, comme on le verra, les techniques ferroviaires et les organisations des différentes compagnies nationales sont le plus souvent incompatibles ;

– frets pondéreux en concurrence avec les transports fluviaux : produits de carrière, produits sidérurgiques, matériaux de construction, etc. ; Usinor est ainsi le premier client de la SNCF ;

– frets produits en tonnages importants permettant de constituer des trains complets en départ d'usines et de livrer d'ITE à ITE : automobiles, eaux de boisson, produits pétroliers ou produits industriels de base, dont les produits de la chimie, les produits de l'agriculture, céréales par exemple ;

– produits demandant des transports assurés avec des conditions particulières de sécurité : produits chimiques, produits pétroliers, produits nucléaires de retraitement, etc.

Cependant, Marc Véron, directeur délégué au fret de la SNCF, déclarait en 2003 : « Sur 35 marchés par branche d'industrie, 31 sont déficitaires – soit 80 % du fret – et 4 seulement sont bénéficiaires : le nucléaire, la chimie, le gaz

et le glucose », et M. Gallois, président de la SNCF, déclarait en 2003 à la Commission des affaires économiques de l'Assemblée nationale : « Certains prix sont inférieurs à ceux du transport routier et couvrent moins de la moitié du coût supporté par l'entreprise ».

En 2002, la SNCF a transporté 127,6 millions de tonnes dont 25 % pour le transport combiné (voir *infra*), 16 % d'acier, 13 % de produits de l'agriculture, 11 % de matériaux pour le BTP, 8 % de produits de consommation, 6 % de produits chimiques, 5 % de produits pétroliers. Depuis sa politique de rentabilité vise à ne transporter de fret que par trains complets en renonçant au transport par wagons ainsi qu'au transport combiné dans la mesure où ce type de transport est de moins en moins subventionné.

Le fret ferroviaire connaît une mutation profonde : plan fret de la SNCF sur lequel nous reviendrons, ouverture complète du réseau à de nouveaux opérateurs depuis avril 2006,

Les besoins évoluent avec une diminution du trafic ferroviaire en France alors qu'il augmente dans le reste de l'Europe, une adaptation de l'organisation des acheminements, l'émergence de nouveaux types de services qui sont envisagés (autoroute ferroviaire, logistique urbaine). La France reste à la traîne en matière d'ouverture des opérateurs ferroviaires privés (Veolia, ECR, Secorail) comme le montre la figure 7.11 (source RFF). Cela étant la reprise totale de Géodis par la SNCF et la création au printemps 2008 d'un pôle logistique et de transport multimodal intégrant le ferroviaire est une très bonne nouvelle.

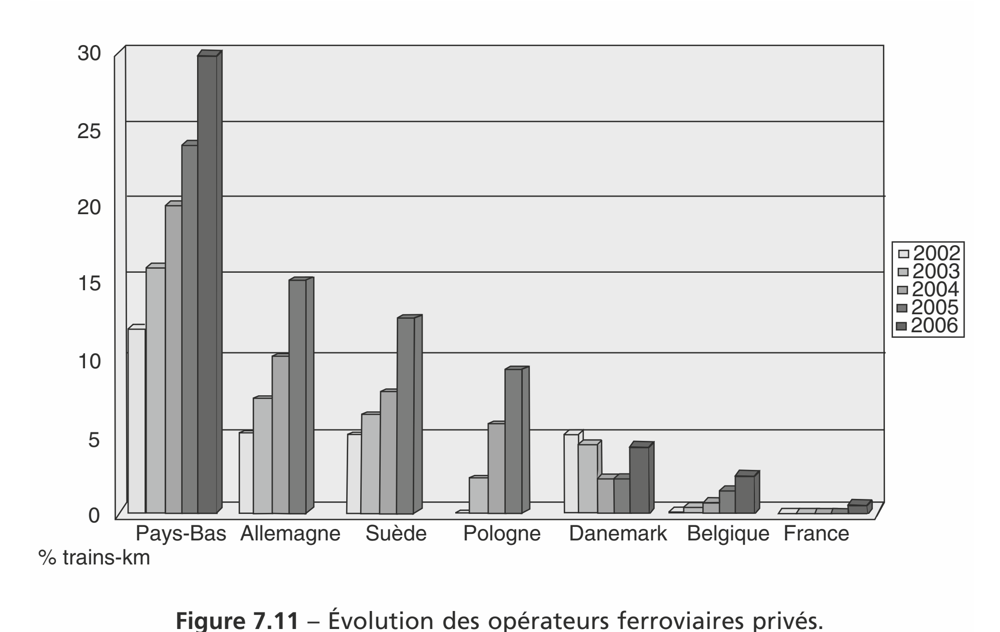


Figure 7.11 – Évolution des opérateurs ferroviaires privés.

7.8.2 Matériels

Les wagons eux-mêmes sont de plusieurs sortes :

– wagons à essieux ayant à peu près la capacité d'un camion semi-remorque standard (savoyarde), de 20 à 30 tonnes ;

– wagons à boggie de 55 à 65 tonnes.

Il existe, à partir de là, un très grand nombre de modèles de wagons :

– couverts à portes latérales, à ouvertures latérales totales ;

– plats à bâchage mécanique, à bords rabattables avec ranchers courts ou ranchers hauts, à berceaux et couverture mobile, etc. ;

– wagons tombereaux ordinaires, à trémies avec ou sans toit, etc. ;

– wagons spécialisés pour le transport des animaux, de produits alimentaires, de produits chimiques liquides, de produits pétroliers, de gaz liquéfiés, d'automobiles, etc.

Pour éviter la rupture de charge nécessaire pour les clients qui n'ont pas d'ITE, il est possible d'utiliser des wagons qui peuvent être transportés jusque chez le destinataire sur une remorque routière après un trajet ferroviaire. C'est le service FERDOM assuré par la SNCF.

La traction peut être électrique ou non, selon que la ligne est électrifiée ou non, avec des motrices de différents types.

Les chemins de fer espagnols et britanniques ont des standards différents et obligent à utiliser des wagons différents ou à procéder à des changements longs.

7.8.3 Infrastructure

En France comme dans les autres pays européens, la propriété de l'infrastructure et son exploitation sont désormais séparées. Depuis la loi du 13 février 1997, l'infrastructure appartient à Réseau ferré de France (RFF), qui est chargé de développer cette infrastructure dans le cadre de contrats de plans et facture l'utilisation de ces infrastructures à la SNCF chargée de l'exploitation.

Les infrastructures comprennent :

– des voies ferrées, bien entendu, avec tout leur accompagnement d'ouvrages d'art et d'installations techniques. La nécessité de rendre compatibles les différents réseaux européens a conduit le Conseil des ministres européens du transport à décider en décembre 1999 la mise en œuvre du RTEF (Réseau trans-européen de fret ferroviaire) ;

– des installations de triage indispensables à la gestion du trafic (18 en France).

RFF se mobilise pour utiliser les leviers dont il dispose pour permettre le développement du fret ferroviaire à savoir :

– les sillons c'est-à-dire les tranches horaires pendant lesquelles les voies peuvent être utilisées à la circulation des marchandises ;

– la reprise en gestion directe des « ITE » depuis le 1er janvier 2007 (2 300 au niveau national) et la mise en place d'un pôle fret depuis mai 2007 ;

– la mise à disposition ou la préservation d'emprises (terrains, plates-formes) ;

– le transfert des voies ferrées des ports avec par exemple dans le cas de l'Ile de France la responsabilisation du Port Autonome de Paris dans la gestion de ses installations ferroviaires ;

– des projets de développement dans le cadre des nouveaux marchés.

Les ITE constituent les éléments de base pour permettre l'utilisation du transport ferroviaire par les industriels. Ce sont des raccordements qui relient une voie de la SNCF à un établissement privé. Une partie appartient à la SNCF et

la partie qui va de l'entrée de l'établissement jusqu'à son entrepôt est construite par le client et reste sa propriété. Un projet d'embranchement est établi entre la SNCF et le client et donne lieu à une convention d'embranchement. Parmi les modalités financières de ce contrat, on notera que le client doit payer une redevance annuelle d'embranchement et que la SNCF peut verser une allocation d'embranchement proportionnelle au poids des marchandises transportées compte tenu de l'économie qu'elle trouve à cette organisation.

La figure 7.12 fournie par RFF illustre la nouvelle logique qui préside dans la gestion des ITE3.

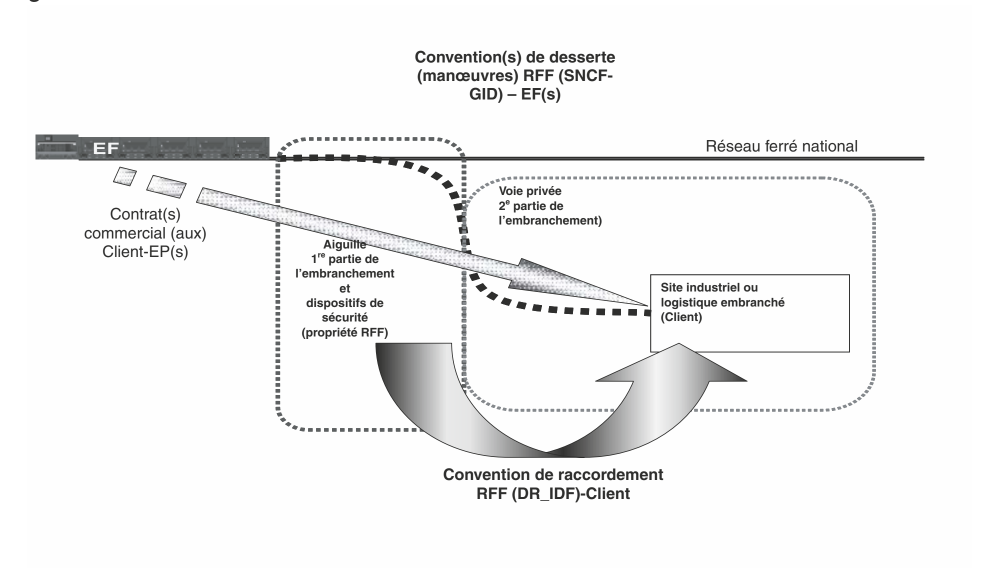


Figure 7.12 – Gestion des ITE3.

La mise en œuvre d'une nouvelle ITE suit l'approche suivante :

– étude de faisabilité ;

– étude d'initialisation qui débouche sur une convention de financement du projet et de réalisation ;

– avant-projet qui définit la convention de raccordement ;

– réalisation qui ne peut se faire sans un plan de sécurité et de prévention pour le personnel, un contrat de transport avec une société et une consigne de desserte ;

– mise en service.

7.8.4 Organisation de la traction

Un des problèmes les plus délicats est le partage de l'utilisation des voies entre le trafic voyageur et le fret. Les utilisateurs de fret se plaignent de peu de fiabilité des délais en France car les transports de voyageurs sont pratiquement toujours prioritaires, de telle sorte qu'un grand nombre de trains de marchandises sont en permanence « calés » (en attente d'un « sillon » pour

effectuer leur trajet). Il en résulte en période de crise (grèves, intempéries, etc.), des délais qui peuvent être très importants (plus de 10 jours pour traverser la France). Il est question de créer un système de priorité pour l'utilisation des sillons : des lignes à priorité voyageurs, des lignes à priorité fret, des lignes à priorités partagées et d'autres sans priorités.

7.8.5 Les partenaires du transport ferroviaire en France

Ces partenaires sont les suivants :

– le Réseau ferré de France dont on a vu le rôle pour l'infrastructure et qui paye à la SNCF l'entretien des voies ;

– la SNCF qui intervient par divers moyens avec plus de 400 filiales non seulement dans le transport ferroviaire mais aussi de façon importante dans le transport routier :

• la Direction du fret a lancé le plan Fret 2006 approuvé par la Commission européenne avec l'achat de 1 000 nouvelles locomotives en remplacement de matériels devenus trop coûteux grâce à un apport de 1,5 milliard € (800 millions € de la part de l'État et 700 millions € de la part de la SNCF) ;

• Géodis, la filiale fret routier de la SNCF, issue de la reprise de Calberson, de Tailleur Industrie puis d'entreprises diverses en Europe, est le premier transporteur routier français. Il a absorbé la société holding des filiales colis et logistiques de La Poste de telle sorte que le groupe La Poste est devenu actionnaire de Géodis aux côtés de la SNCF ;

• la Sernam[1] est le service de messagerie de la SNCF avec 57 agences et 107 sites d'exploitation et enregistre des pertes importantes et régulières. Géodis + la Sernam forment désormais le deuxième pôle européen derrière celui de la Deutsche Post AG pour l'express, la messagerie et la logistique ;

• des filiales spécialisées en logistique comme Ermefret créée par SNCF – Participations (40 %) en partenariat avec Ermewa (60 %), une société de location de wagons, une filiale spécialisée dans l'organisation de transports pour la chimie, particulièrement à l'international, Sealogis, une filiale spécialisée dans la reprise du fret maritime (agence maritime, manutention portuaire, commission de transport et logistique) ;

• EDIFRET, filiale commune de la SNCF, de France Télécom Logiciels Systèmes et de Sofrérail, fournit aux clients de la SNCF des informations à travers le réseau Transpac sur les mouvements de wagons et de trains, la gestion des parcs de wagons, l'acheminement des wagons en France et en Europe, les factures de transport et leurs modes de calcul. Ces prestations sont payantes ;

• des pôles spécialisés de Fret SNCF : international avec Fret International, céréales avec Logistra et CFT, vrac avec SGW et Garmatex, automobile avec STVA, etc. ;

– les sociétés de location de wagons dits « de particuliers » comme Ermewa et France Wagons qui gèrent en France un parc de 65 000 wagons (à elle seule Ermewa en a 18 000 dont 12 000 citernes) ;

1. La Sernam devrait être reprise par ses cadres fin 2005 et se séparerait alors de la SNCF.

– le GIFF (Groupe d'intérêts pour le fret ferroviaire) qui est un partenaire un peu particulier car il rassemble des groupements d'utilisateurs et mène campagne pour un meilleur traitement du fret par la SNCF. Il a organisé en 2000 un colloque à l'Assemblée nationale pour attirer l'attention des élus sur les problèmes qu'il rencontre.

7.8.6 Modes de transports ferroviaires disponibles en France

■ Transports par wagons isolés

Cela consiste à louer à la SNCF ou à une société de location, un ou plusieurs wagons, soit en location pour une durée déterminée, soit au voyage, wagon rendu disponible dans une ITE, une voie de port ou de gare ou une installation multimodale. La SNCF procède à la reconnaissance extérieure du chargement puis achemine ensuite le ou les wagons à leur destination après triage pour constituer des trains. Elle peut, si on le désire, procéder au pesage du chargement par différence entre le poids à vide et le poids plein. La destination est une gare-fret (précisée dans la nomenclature des gares frets de la SNCF), puis un lieu de déchargement (ITE, à domicile par SRT : services routiers terminaux, etc.).

L'annonce par la SNCF de supprimer au 1er décembre 2008 son offre de transport en wagons isolés à partir de certaines gares a entraîné un véritable tollé au niveau des entreprises pour lesquelles cette suppression est tout simplement catastrophique et met en danger la pérennité de certaines entreprises. La SNCF avait en effet décidé de « déréférencer » 262 gares pour le trafic de marchandises en wagons isolés, dans le cadre de son programme de modernisation et d'amélioration de son efficacité, lequel vise notamment à mieux allouer ses moyens afin de reconquérir des parts de marché sur les segments où elle est performante, c'est-à-dire sur les grands axes de fret.

En effet, ce trafic en wagons isolés, qui ne représente que 20 % de celui qui transite par les gares concernées et seulement 2,5 % des wagons de fret SNCF, générait des coûts trop élevés. Par ailleurs, les arguments de CO_2 (80 g pour un wagon isolé alors qu'elle est de 6 g par tonne-km pour un train entier) et de mobilisation d'actifs lourds non rentabilisés sont mis en avant pour justifier une telle décision. Cela pourrait conduire au développement d'opérateurs locaux.

■ Transports par trains entiers

Le principe en est le même à partir d'un contrat de transport particulier. La planification de l'arrivée du train peut être, soit « programmée », soit « concertée », ce qui permet de connaître les conditions d'arrivée (en formulant la demande la veille de la remise avant 10 heures), ou encore « spontanée » si la SNCF ne peut s'engager sur une date.

■ Tarifs

Bien qu'il existe des tarifs publics, la SNCF se montre relativement discrète sur ces tarifs et plus encore sur leurs modes de calcul. Les donneurs d'ordre doivent prendre contact avec les commerciaux de la Direction du fret de la SNCF pour négocier des accords particuliers pour des transports réguliers.

7.8.7 Le plan Fret de la SNCF

Les activités de fret se sont révélées de plus en plus catastrophiques pour la SNCF au cours de ces dernières années. Entre 2003 et 2004, l'activité fret a perdu 863 millions € et sa part est passée de 33 % du chiffre d'affaires de la SNCF en 2001 à 13 % en 2003.

On a vu que la plupart de ses marchés étaient déficitaires. Les entreprises routières de la SNCF ont d'autre part réalisé en 2001 des déficits extrêmement importants. Les causes de ces difficultés du fret SNCF sont bien connues : des coûts de structure trop importants, des tarifs peu rentables, un matériel obsolète, une faible productivité et un suivi calamiteux des locomotives et des wagons avec des trains de marchandises « calés » en permanence. Comme le déclarait Marc Véron, directeur général délégué au fret de la SNCF : « Une locomotive est utilisée en moyenne 4 heures par jour et un wagon met 1 mois pour faire une rotation complète[1] ». En outre, la fréquence des grèves du personnel atteint des records. Comme le déclarait M. Véron en 2005 : « Sur les 13 premières semaines d'activité du fret en 2005, 10 ont été affectées par des grèves. Tous nos clients travaillent à flux tendus, or on ne peut épouser leur organisation si l'activité est sans cesse paralysée par des arrêts de travail. Il faut 8 à 10 jours pour revenir à la normale après chaque conflit. À Fos, des marchandises sont restées bloquées pendant 15 jours alors que le conflit ne touchait qu'une douzaine d'agents…[2] »

Le plan Fret 2003-2006 avait pour but de doter le fret SNCF d'une structure financière saine pour retrouver une croissance « durable » :

– Recapitalisation avec un apport de 1,5 milliard € à l'activité fret : 800 millions € de la part de l'État et 700 millions € de la part de la SNCF (obtenus par ventes d'actifs). Cette action a été acceptée par la Commission de Bruxelles moyennant le passage à la libéralisation du réseau dès 2007.

– Les transports non rentables devraient être supprimés : les marchandises transportées devraient passer de 50 milliards de t-km en 2001 à 35 milliards, ce qui fera passer la part de marché du fret ferroviaire, qui était de 18,7 % en 2001, à 13 ou 14 %.

– Renouvellement du matériel : la moyenne d'âge du parc sera ramenée de 30 à 20 ans en 2010, avec 60 locomotives électriques tritension livrées dans les années 1990, 210 locomotives électriques livrées en 2005, 400 locomotives diesel livrées à partir de 2007.

– Suppression de 4 triages, suppression de l'activité fret dans 16 gares principales, arrêt de la desserte de 157 gares dont l'activité moyenne était de moins de un wagon par jour…

Presque 5 ans après l'annonce de ce plan Fret 2006 qui prévoyait un retour à l'équilibre des comptes en 2006, un gain d'efficacité globale de 20 % et une amélioration notable de la qualité de service bout en bout pour les industriels européens, force est de constater que les objectifs n'ont pas été atteints.

On retiendra comme cela a été souligné que la fin 2007 a été marquée par l'annonce de l'abandon partiel de l'offre de wagons isolés ce qui va conduire

1. *La Tribune*, 22 janvier 2003.
2. *Le Figaro Économie*, 10 avril 2005.

nombre d'industriels à revoir l'ensemble de leur plan transport et l'annonce en janvier 2008 de la suppression de 2000 emplois au sein de Fret SNCF alors que le résultat sur l'exercice 2007 est une perte de 241 millions d'euros et qu'en 2008, les prévisions tablent sur une perte de 213 millions d'euros.

7.9 Problématique du transport : le transport multimodal

7.9.1 Les problèmes posés en Europe par le développement du transport routier

Le problème des rapports du rail et de la route est un des problèmes les plus épineux qui soient et fait l'objet de beaucoup de débats. Historiquement, le rail a été le moteur du développement de l'économie au XIXe siècle en remplaçant de façon économique et rapide les anciens transports par voituriers ou par coche d'eau. Par nature, la gestion d'un réseau de voies ferrées demande une certaine centralisation et les difficultés financières rencontrées ont conduit les différentes entreprises de chemin de fer à se regrouper en sociétés nationales d'État. Ces sociétés publiques très importantes par leurs effectifs, leurs infrastructures et leur importance économique et militaire sont devenues dans la plupart des pays, très centralisées, très administratives et très hiérarchiques. Puis le développement du transport par la route, avec camions de plus en plus rapides et économiques, routes macadamisées puis autoroutes, a complètement transformé les données du problème.

Le transport routier se développe très rapidement au détriment du transport ferroviaire. Il y a bien des raisons à ce phénomène :

– les entreprises réclament des délais de transport de plus en plus courts, avec la volonté de réduire les stocks (juste-à-temps) et une réduction drastique de la durée de vie des produits ;

– les performances du transport SNCF sont de plus en plus mauvaises en ce qui concerne le fret, avec la priorité donnée aux transports rapides de voyageurs (TGV), le vieillissement des motrices de traction de fret et un grand nombre d'incidents sociaux (grèves) ;

– les coûts très bas du transport routier dus à un marché extrêmement dispersé entre un grand nombre de très petites entreprises en concurrence sauvage et travaillant souvent à la limite de la rentabilité, voire en dessous ;

– l'endettement faramineux du Réseau ferré de France qui atteignait 23,5 milliards d'euros fin 2002 ;

– la souplesse du transport routier pouvant réagir très vite à n'importe quelle demande ;

– la majorité des transports sont, comme on l'a vu, des transports sur des petites distances (moyenne à moins de 100 km) ;

– les entreprises de chemins de fer, entreprises d'État, n'ont pas encore été capables de se regrouper au niveau européen alors que leur marché est d'évidence la longue distance et ne peut donc se développer à l'intérieur de frontières exiguës ; dans le même temps, les entreprises de transport routier ont tendance à se regrouper particulièrement dans le domaine de la messagerie sous la houlette des grandes entreprises de poste ou d'express ;

– le développement très rapide des volumes des transports en Europe et la grande difficulté des entreprises de chemin de fer à s'adapter à une évolution rapide demandant des investissements importants (alors que leur rentabilité est mauvaise), et des adaptations structurelles (difficiles pour des entreprises très administratives).

En fait, l'opposition entre le rail et la route est beaucoup plus qu'une opposition de moyens techniques ; c'est, d'une certaine façon, une manifestation d'une opposition plus radicale entre une société de concurrence très vive, voire sauvage, d'internationalisation et d'adaptations rapides aux évolutions des techniques et de la demande, les routiers, et une société dirigiste, centralisatrice, très peu apte au changement, les grandes entreprises publiques de chemin de fer.

Cependant, dans le même temps, le développement du transport routier apparaît de plus en plus insupportable ; on prévoit que le trafic routier européen de 800 millions de tonnes kilomètres en 1988 pourrait passer à près d'un milliard 500 millions en 2010. Et déjà la situation paraît difficilement supportable :

– Certains trajets routiers commencent à être saturés par le trafic des camions : couloirs rhénans, de la Seine, de la Saône et du Rhône par exemple, une partie des routes de Grande-Bretagne, etc.

– Cet encombrement devient critique dans certains passages obligés : tunnels, ponts, postes frontières, passages étroits dans des villages, grands axes à travers la Suisse, etc.

– Un certain nombre d'accidents très graves (tunnel par exemple), ont provoqué une prise de conscience du danger présenté par cet accroissement du trafic routier.

– On considère que le trafic routier est responsable d'une part importante de la pollution atmosphérique : en Europe, 73,7 % de la pollution par le monoxyde de carbone est due à la route, 51,6 % par les hydrocarbures, 60,8 % par l'oxyde d'azote, 79,7 % par le gaz carbonique, etc. (Pons, 1997).

Ces nuisances sont d'autant plus mal ressenties lorsqu'elles sont provoquées par des poids lourds de passage qui n'apportent rien à l'économie locale ; ce qui est vrai pour un village sur une grande route peut être vrai pour un pays où le trafic de transit est important : Suisse, Autriche, France, etc.

Une solution qui paraît évidente est donc de développer le transport ferroviaire moins dangereux et moins polluant et, pour remédier aux ruptures de charge d'approche et de livraison, de développer des solutions techniques mixtes de transport rail et route avec le même matériel : le transport combiné ou « ferroutage ».

On a donc vu la Suisse décider en 1994 par référendum que dans les dix ans tous les poids lourds qui la traversaient devraient le faire par chemin de fer. Ce n'est donc plus un vœu pieux, comme ce fut longtemps le cas, même si les difficultés techniques et économiques paraissent importantes.

7.9.2 Substituts au transport routier

■ Transport combiné par ferroutage

Plusieurs techniques se partagent le marché encore embryonnaire du ferroutage et les projets qui abondent actuellement dans la Communauté économique européenne.

On peut transporter les marchandises dans une caisse mobile chargée sur un châssis routier pendant le transport routier et sur un wagon plate-forme pendant le trajet ferroviaire. C'est une solution simple mais qui demande des infrastructures de manutention relativement importantes, un peu comme les conteneurs dans le trafic maritime.

On a vu le service FERDOM proposé par la SNCF ; c'est une technique très voisine de celle du *road-railer* nord-américain qui consiste à constituer des rames avec des semi-remorques qui prennent appui sur des boggies. Le transfert est assuré avec un tracteur routier et l'opération est rapide sans demander de moyens particuliers de manutention.

L'« autoroute ferroviaire », solution nord-américaine, consiste à créer des trains lourds circulant entre 120 et 160 km/h en navettes partant toutes les 30 minutes sans rendez-vous préalable et où les chauffeurs trouvent une zone de détente pendant le transport. C'est la solution de l'Eurotunnel ou celle mise en place sous l'appellation « chaussée roulante » par la Suisse et l'Autriche pour les véhicules qui veulent traverser leur territoire. Pour initier le rééquilibrage du trafic de marchandises entre la route et le rail sans attendre la mise en service de la nouvelle ligne Lyon-Turin, les gouvernements français et italien ont décidé en 2003 d'engager l'expérimentation d'une autoroute ferroviaire sur la ligne actuelle. Cependant, à la différence des chaussées roulantes qui organisent le chargement des camions à la file indienne par l'arrière du train, le système expérimenté avec des wagons spéciaux Modahlor permet grâce à un chargement-déchargement latéral d'embarquer les remorques sans leurs tracteurs. La création de ce nouveau service a nécessité la construction de deux plates-formes de chargement-déchargement à Aiton-Bourganeuf (entrée de la vallée de la Maurienne) et à Orbassano (dans la périphérie de Turin), et l'élargissement des tunnels de la ligne historique. Le succès n'est cependant pas encore au rendez-vous : en 2000, certains convois circulent à moitié vides et la capacité du système de 530 camions par semaine ne peut se comparer aux 5 000 poids lourds qui empruntent chaque jour le tunnel de Fréjus. D'autre part, les transporteurs routiers demandent des systèmes de navettes très fréquentes et non comme actuellement quatre navettes par jour qui imposent des attentes.

Ces réalisations ont un coût d'exploitation élevé puisque par définition on cumule les coûts du camion et de son conducteur avec ceux de l'exploitation ferroviaire. Elles seront donc vraisemblablement réservées dans l'avenir à l'exploitation de tunnels comme le tunnel sous la Manche ou la ligne ferroviaire à grande vitesse Lyon-Turin qui devrait coûter plus de 12 milliards €. Celle-ci est située au centre des axes de liaison entre le nord et le sud et entre l'est et l'ouest de l'Europe. Alors qu'en 1970 les trois quarts du trafic transalpin de marchandises étaient effectués par le train, aujourd'hui c'est la route qui en absorbe les deux tiers. Les gouvernements français et italien se sont engagés à réaliser la section internationale du projet par l'accord du 29 janvier 2001. Cet accord, devenu traité depuis sa ratification par les parlements des deux États en 2002, prévoit la réalisation d'un tunnel de 53,1 km qui reliera Saint-Jean-de-Maurienne, en Savoie, à Venaus, dans le val de Suse. Ce tunnel sera prolongé par un second tunnel de 12,2 km entre Venaus et Bruzolo. Il

accueillera tous les types de trafics : fret classique, autoroute ferroviaire et trafic voyageurs.

■ Le transport combiné par conteneurs

Le transport combiné par conteneurs devrait être l'équivalent pour les transports internationaux intérieurs à l'Europe du transport par conteneurs maritimes à l'extérieur. Il met progressivement en œuvre :

– des moyens techniques : conteneurs standardisés et portiques de transbordement ;

– des points nodaux, sortes de hubs ferroviaires permettant de recomposer les trains ;

– des « trains d'axes », trains permettant l'acheminement rapide de nuit (« sauts de nuit ») des wagons avec leurs conteneurs entre points de transbordements ;

– des « corridors », ensemble de sillons horaires transnationaux établis d'un commun accord par les gestionnaires d'infrastructure, permettant une circulation transfrontalière continue et performante des trains fret sur un axe international avec une gestion commune.

Il existe actuellement trois points nodaux en France :

– le point nodal Ile-de-France (PNIF), mis en place pour le compte de la CNC à Villeneuve-Saint-Georges : il dessert 40 chantiers en France et à l'étranger et traite 185 000 wagons/an ;

– le point nodal européen (PNEU), mis en place pour le compte de Interconteneur à Metz Sablon : il est spécialisé dans les trafics de transit via la France et traite 150 000 wagons/an ;

– Cortax, mis en place pour le compte de l'Union internationale rail route (UIRR) : il relie le Benelux avec l'Italie et l'Espagne, notamment via la France.

Ce trafic a perdu une partie de son activité en France avec le développement du transit Belgique-Italie par la rive droite du Rhin.

Le coût est un handicap structurel pour ce type de transport combiné dans la mesure où le retour d'un conteneur à vide est aussi cher que l'aller à plein. Il ne peut donc commencer à être compétitif que si les conteneurs sont banalisés et si les trafics de conteneurs entre les différents points tendent vers l'équilibre. Même à cette condition, il reste encore nettement plus cher que la route pour des distances moyennes ou courtes.

■ Le transport combiné route-mer : les « autoroutes de la mer »

La recherche de substituts au transport routier a conduit à envisager de le reporter sur le cabotage maritime (*short sea*). Il est vrai que celui-ci se développe. Le transport maritime représentait 33 % des tonnes-kilomètres transportées en Europe (au sens de l'Union à 15 membres) en 1970. Depuis cette date, son volume a plus que doublé et il représente aujourd'hui 41 % de la totalité du fret, faisant ainsi jeu égal avec le transport routier qui en assure 43 %.

Une autre idée est de transporter les camions par bateau. C'est la technique classique des *ferries* pour le transport des wagons par mer et des Ro-ro (*roll on-roll off*) pour le transport des véhicules. Le *Livre blanc* européen a lancé l'expres-

sion d'« autoroute de la mer » pour désigner ce substitut aux tunnels et autoroutes encombrés, et en a encouragé la création par des subventions dans le cadre de l'ancien programme PACT puis du programme Marco Polo (voir *infra*). Les premières réalisations nouvelles se firent par des liaisons entre l'Italie et l'Espagne afin d'éviter les traversées des Alpes et des Pyrénées avec une ligne Gênes-Barcelone puis une autre Civitavecchia (Rome)-Barcelone au moyen de Ro-ro rapides transportant remorques et automobiles. En janvier 2005, les armements Grimaldi et Louis Dreyfus ont mis en service une nouvelle ligne Bregaillon (Toulon)-Civitavecchia. Le ferry assure 3 rotations hebdomadaires entre ces deux ports de la Méditerranée. Sa capacité de chargement est de 150 voitures et de 150 remorques de camions avec 400 passagers. Sa vitesse commerciale de 22 nœuds permet de réaliser la traversée en 14 heures, durée compétitive avec celles des modes routier et ferroviaire. Gefco assure la base du trafic avec le transport annuel de 20 000 véhicules neufs produits par le groupe PSA Peugeot Citroën à destination de l'Italie. À 450 €, avec deux repas pour le conducteur, le prix est compétitif si l'on tient compte que le seul franchissement des tunnels de Fréjus ou du Mont-Blanc coûte 200 €. Après deux mois d'exploitation, ne sont embarquées que 20 à 25 remorques par trajet et le seuil de rentabilité fixé à 60 remorques ne semble pas près d'être atteint malgré une subvention de 1 million € sur 3 ans.

Il n'est en effet pas certain que ces nouveaux substituts trouvent leur rentabilité hors subvention car il faudrait des départs beaucoup plus fréquents pour satisfaire les routiers sujets à de nombreux impondérables : le rythme de trois navettes par semaine est considéré comme totalement inadéquat et le système ne rencontrera le succès qu'à partir d'un départ toutes les heures ou toutes les deux heures… D'autre part, les taxes de port doivent être faibles, l'organisation des embarquements et débarquements parfaite et les accès routiers faciles.

À la suite des appels à projets de Marco Polo, de nombreux projets ont vu le jour en Méditerranée, sur la façade Atlantique et en mer du Nord : par exemple cinq armements (CMA-CGM, CMN, Marfret, SNCM et Sud Cargo) ont créé la Société des autoroutes maritimes du Sud. Bénéficiant, entre autres fonds, d'aides Marco Polo de 880 000 €, le projet marseillais repose sur une liaison Fos-Savone espérant capter 2 % du million de camions passant à Vintimille (50 % ibériques). Les spécialistes s'interrogent cependant sur la rentabilité de tels projets et la rapidité des liaisons sur de longues distances avec des bâtiments qui ne peuvent économiquement dépasser 27 nœuds et nécessitent des temps d'embarquement et débarquement non négligeables. En revanche la possibilité d'inclure la durée du voyage en temps de repos peut être un avantage intéressant.

■ Le transport combiné par palettes

On peut se demander si le problème des transports combinés n'est pas un simple problème de manutention. La plus grande partie des transports actuels se fait en effet par palettes et une partie des transports de palettes donne lieu à un ou deux transbordements entre camions sur plates-formes. Chargements, déchargements et transbordements de palettes se font au moyen de chariots élévateurs à raison le plus souvent d'une palette par opération. C'est un processus long et coûteux puisqu'il immobilise un opérateur pour chaque manipulation de palette. Par ailleurs le tri des wagons dans une gare de triage est un processus encore peu automatisé et par nature coûteux. On peut se

demander dans quelle mesure on ne pourrait pas envisager des moyens de manutention plus lourds et beaucoup plus efficaces susceptibles de manipuler des palettes en continu, avec des stockages intermédiaires, de les trier, de les regrouper et de les manipuler par groupes de telle sorte que le chargement d'un camion ou d'un wagon serait beaucoup plus rapide. En considérant des wagons comme des plateaux sur une ligne automatisée que constitue une voie ferrée moderne, on pourrait multiplier les transferts à relativement peu de frais sans être obligé de trier des wagons. Les transtockeurs et trieurs de palettes existent, les dispositifs de chargement et déchargement rapides aussi. Les investissements seraient certes lourds mais l'on pourrait enfin aborder sereinement la réalisation de transports combinés rapides et peut-être bon marché. Il y a là un défi pour les prochaines décennies.

Nous avons bien conscience malgré la taille relative importante de ce chapitre que nous n'avons pas couvert l'ensemble des problématiques de transport et en particulier les transports internationaux, la voie d'eau qui fait l'objet d'une attention particulière dans les solutions multimodales et la politique Européenne des transports. Nous demanderons au lecteur souhaitant approfondir ces sujets importants de se reporter aux ouvrages de référence proposés dans la bibliographie.

Il ne fait aucun doute que les problèmes d'énergie, d'émissions polluantes, d'engorgement du trafic conduiront à la fois à des initiatives innovantes de plus en plus sophistiquées et aussi à des réglementations incitatives et coercitives sans lesquelles les changements incrémentaux et de rupture qui sont nécessaires ne se mettront pas en place.

Bibliographie

■ Ouvrages généraux sur les transports

ARTOUS A., SALINI P., Les opérateurs européens de fret et la mondialisation, INRETS, 2006.

AUTF, *Guide pratique du transport à l'usage des entreprises industrielles et commerciales*, Servitrans, Paris, 1998.

BELOTTI J., *Transport international de marchandises*, Vuibert, Paris, 2004.

SAINT-ELOI J.-P., *Pratique du transport routier de marchandises – Aide-mémoire pour l'exploitation des entreprises*, CELSE, Paris, 2e édition, 2001.

Lamy Transport, Éditions Lamy, Paris, 2000.

Guide des coûts de transport, Éditions Lamy, Paris, 2000.

Dicoroute Lamy (Dictionnaire des localités pour l'application des tarifs routiers – Distances tarifaires Routes), Éditions Lamy, Paris, 2000.

CHEVALIER D., DUPHILL F., *Le transport*, Foucher, Paris, 1996.

EUROSTAF, *Le transport routier de marchandises en Europe*, Paris, 2000.

FIOUX J.-L., *Droit des transports terrestres*, Delmas/Masson, Paris, 1987.

AFT-IFTIM, Chargement-déchargement des véhicules, *Les cahiers de l'entreposage*, CELSE, Paris, 1993.

JANIN J.-F., Des transports intelligents ? Comment y parvenir. Lyon, CERTU, 2003.

JOURDY P., La grande disparité des performances dans le transport routier des marchandises, Notes de synthèse du SESP, n° 162, avril-mai-juin 2006.

SAVY M., Le transport de marchandises, Eyrolles, Editions d'Organisation, octobre 2006.

VALLIN P., *La logistique*, Economica, Paris, 1999.

Journaux et revues

Transports Actualités – 1 avenue Édouard Belin 92586 Rueil-Malmaison Cedex – 01 41 29 99 99.

Transport & Technologies – SEPROL – 31 cours des Juilliottes 94700 Maisons-Alfort – 01 41 79 08 88.

Sites d'information sur les transports terrestres

www.cnr.fr : le CNR (Comité national routier) est un organisme public dirigé par un conseil composé de représentants des chargeurs et transporteurs ainsi que de représentants du ministère des Transports. Il publiait jusqu'en 1989 une *Tarification routière obligatoire* qui a été publiée ensuite comme *Tarification routière de référence* et qui n'est désormais plus publiée car elle s'écartait très sensiblement des tarifs pratiqués réellement. Le CNR établit cependant des statistiques de prix de revient routier et tient à jour des indices. Il réalise aussi des études particulières sur la conjoncture du transport routier.

www.cnt.fr : site du Conseil national des transports.

www.Legifrance.gouv.fr : décrets portant application des contrats types de transport de marchandises.

www.transport-village.com : portail de transport créé par les Éditions Lamy et Business Village.

www.synomia.fr : avis et lettres du Conseil national des transports.

www.eurotransfret.com : annuaire de transports français avec bourse de fret.

www.transports.equipement.gouv.fr/frontoffice/ : site d'information du ministère des Transports.

http://europa.eu.int : portail de l'Union européenne avec de nombreuses informations sur la politique des transports.

www.fntr.fr : site de la Fédération nationale du transport routier. On y trouve par exemple *Le Livre noir du transport routier* publié en avril 2005 et le livre blanc 2007.

www.autf.fr : Association professionnelle des chargeurs.

8 • SUPPLY SIDE : PRODUCTION ET APPROVISIONNEMENT

8.1 Organisation générale de la production

La production a fait l'objet de très fortes déstabilisations sous la pression de la mondialisation. Spécialisation des sites de productions, concentration des productions pour bénéficier des économies d'échelle, délocalisation dans les pays à bas coût de main-d'œuvre sont autant de mouvements qui ont conduit à une évolution forte des pratiques industrielles et du management industriel.

Une autre évolution a été l'intégration de la production au sein des *Supply Chains* qui en représente le *Supply Side* et qui entre sous le contrôle des fonctions *Supply Chain* qui joue le rôle de tour de contrôle au niveau continental voire mondial. L'une des missions de cette tour de contrôle est d'assurer le pilotage au sens de leur planification directrice des unités industrielles en sélectionnant le site le mieux « placé » pour assurer non seulement un coût de production bas mais aussi des coûts d'approvisionnement de matières premières et des coûts d'acheminement des produits finis compétitifs vers les marchés consommateurs où se situe la demande. Il ne fait aucun doute que les usines ont perdu en autonomie de décision du fait de leur intégration plus forte dans les *Supply Chains* ce qui ne remet pas en cause bien évidemment le fait qu'elles restent des lieux où l'excellence opérationnelle et managériale doit être présente au plus haut niveau d'exigence.

Un système de production est constitué de flux et de stocks. À la différence des autres systèmes de flux, les flux d'une usine passent par des machines qui modifient les produits de telle sorte que l'on trouvera successivement des stocks (et des flux) de matières premières ou composants réalisés à l'extérieur de l'usine, de produits « en cours » de fabrication de divers types et enfin de produits finis. La multiplicité des produits (en nombre croissant), la variété des gammes et les capacités diverses des machines font de cette logistique un des domaines les plus complexes. Même s'il ne s'agit que de flux et de stocks, la gestion de production et le management industriel constituent un ensemble de techniques hautement sophistiquées qu'il n'est pas possible de décrire sérieusement en quelques pages. On ne trouvera donc ici qu'une première approche permettant seulement de replacer cette logistique au sein de la logistique générale de l'entreprise.

8.1.1 Flux et stock dans l'usine monoproduit

L'usine traditionnelle comporte donc deux stocks principaux : un stock de matières premières et composants reçus de l'extérieur et un stock de produits

finis. Entre les deux, les stocks intermédiaires n'ont pas le statut de stocks mais celui d'« en-cours » (« …en cours de production »). Dans l'organisation traditionnelle, la gestion du magasin de matières premières peut appartenir à un service de production ou à un service approvisionnement même si les achats dépendent d'un service spécialisé « Achats ». La gestion du stock de produits finis peut appartenir au service commercial. Le rôle de la logistique en tout cela est relativement faible. Elle gère les expéditions aux clients et aux magasins régionaux éventuellement. Les ajustements entre le stock de produits finis et le planning de production se font à travers des « commandes internes » entre le magasin de produits finis et le service de production.

La gestion des flux à l'intérieur de l'usine et celle des en-cours appartiennent à un service d'ordonnancement de la production qui établit des « ordres de production » ou des « ordre de fabrication » par machine. Le stockage de ces en-cours est un des problèmes clefs de la logistique industrielle. Physiquement, ces en-cours peuvent être en différents lieux :

– Ils peuvent être sur des convoyeurs entre deux machines dans le cas de fabrications continues ; parfois le nombre des en-cours entre deux machines dépend strictement de la longueur du convoyeur qui est en permanence rempli. Toutes les machines travaillent alors en principe à la même vitesse qui est celle de la machine la plus lente. Si, par suite d'incidents, les machines ont des vitesses différentes, les convoyeurs permettent d'absorber une partie de ces différences. Il s'agit de véritables stocks intermédiaires ; l'expérience montre qu'on a tendance à les utiliser à quasi-saturation. De plus, ils se prêtent mal au transfert de pièces différentes et la recherche d'une pièce sur un convoyeur se traduit le plus souvent par une perte de temps. Certaines entreprises ont démonté leurs convoyeurs ces dernières années pour réduire ces stocks intermédiaires. On notera cependant que le convoyeur facilite le traitement simultané d'un même lot sur plusieurs machines ce qui, comme on le verra, réduit le temps total de fabrication.

– Ils peuvent être stockés entre les machines. C'est le principe de l'empotage-dépotage. On verra avec le *kanban* une tentative de rationalisation de cette technique pour limiter chacun de ces stocks intermédiaires à une quantité fixée à l'avance.

– Ils peuvent être conservés dans des zones de stockage intermédiaire en fonction de plans de production : pièces en attente d'utilisation après fabrication.

– Ils peuvent aussi être stockés systématiquement comme un moyen de faciliter l'adaptation de la production et de la demande. Un produit de base dont la fabrication est longue ou périodique peut être stocké en attente de traitements de finitions et de conditionnement pour pouvoir satisfaire rapidement une demande variée. Ainsi certains fabricants d'articles de mode ne fabriquent plus leurs articles avec des tissus de couleur mais en blanc et teignent les produits en fonction de la demande. En effet les variations de la demande de couleurs peuvent être très rapides et très importantes.

Chacune de ces gestions présente ses contraintes propres. Le gestionnaire du stock de produits finis doit disposer d'une prévision des ventes qui peut venir du service commercial, mais qui peut aussi être la sienne propre à partir de l'analyse de ses sorties. Ses commandes à la production visent à reconstituer en permanence son stock en fonction des besoins prévisibles. Ses objectifs sont avant tout de pouvoir répondre aux commandes des clients tout en évitant d'avoir un stock trop important.

Les responsables des achats et du stock de matières premières ou composants doivent s'efforcer d'obtenir les meilleurs prix et de réguler les flux en fonction de la demande des ateliers. Si la demande est régulière et la production stable, cette gestion peut être organisée à partir d'une analyse de l'historique des besoins de la production. Il va cependant de soi qu'il est préférable de tenir compte des fluctuations des ventes pour approvisionner les matières et composants qui seront nécessaires. Ce fut un des premiers acquis de ce qu'on appellera le MRP. Cependant la recherche du meilleur prix d'achat peut conduire à des politiques de stockage spéculatif tout à fait justifiées. Dans certains secteurs industriels, il y a parfois plus à gagner par une judicieuse politique d'achats que par des efforts longs et difficiles de rationalisation de la production.

Dans le cas d'une usine monoproduit et d'une ligne unique de production, il lui suffit de produire les quantités demandées ; la disponibilité des machines est donc l'élément essentiel. Lorsque les besoins sont moins importants que la capacité de production, on peut tourner au ralenti, produire plus que nécessaire en augmentant le stock ou mettre des opérateurs de production en chômage technique. Lorsque la production est inférieure aux besoins, on ne peut qu'augmenter le nombre des postes au prix d'heures supplémentaires, refuser des commandes ou sous-traiter, mais c'est le rôle du gestionnaire de stock de produits finis d'anticiper ces demandes qui peuvent être saisonnières : certaines entreprises travaillent ainsi une grande partie de l'année pour satisfaire une demande très saisonnière comme celle des boîtes de chocolat ou des jouets pour la fin de l'année.

Dans l'exemple de la figure 8.1, 4 machines A, B, C et D, servent à réaliser un produit fini « 8 » à partir de matières premières ou composants 1, 3, 4 et 5. Des stocks d'en-cours existent entre les machines pour les produits intermédiaires 2, 6 et 7. Le stock de matières premières et composants est géré par achats périodiques en fonction de l'historique des consommations. Le stock de produits finis ne donne pas lieu à une gestion prévisionnelle : on expédie les commandes des clients et on rentre la production de l'atelier. En cas de surproduction ou de sous-production, on augmente les heures de travail (heures supplémentaires) ou on les diminue.

8.1.2 Développement de la complexité

■ Processus techniques

On notera que la structure de fabrication par assemblage progressif, si elle correspond bien à beaucoup d'usines d'assemblage de biens complexes (comme par exemple la fabrication automobile), n'est pas universelle. Dans l'industrie chimique, pétrochimique ou parfois agroalimentaire on peut trouver le processus inverse d'éclatement progressif d'une matière de base. On peut aussi trouver des processus mixtes d'éclatement progressif puis d'enrichissement progressif, pour arriver à des produits plus sophistiqués, etc.

■ Diversification des produits

La plupart des usines ne sont pas monoproduit. Une ligne de construction automobile spécialisée dans la production d'un seul modèle produit en réalité des centaines voire des milliers de véhicules différents par la couleur, le moteur, les accessoires, etc. Pour chaque produit, on assemble donc des

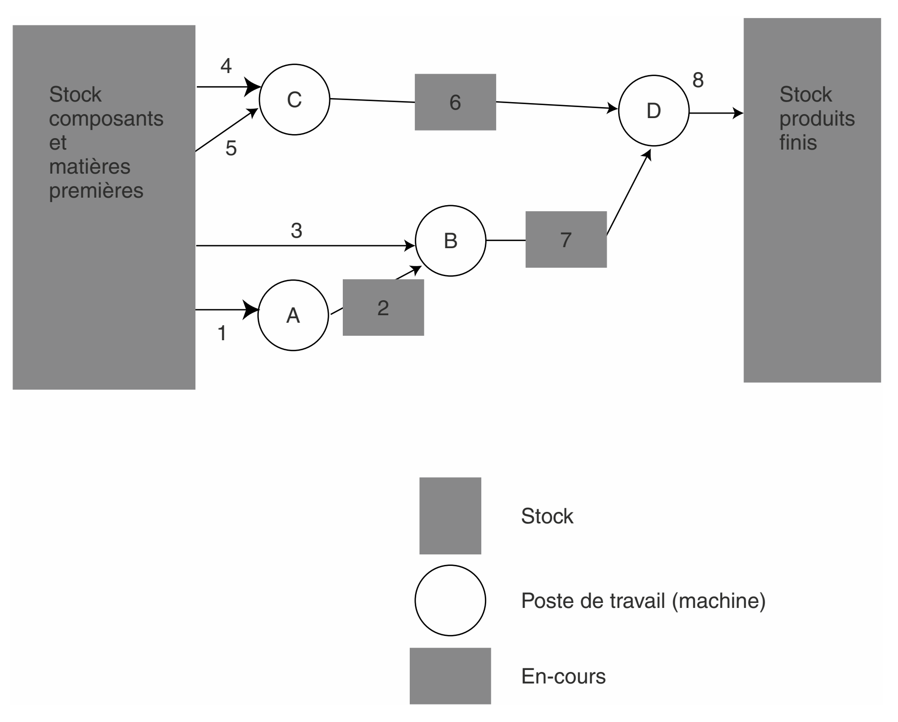


Figure 8.1 – Exemple simplifié d'un atelier monoproduit.

composants différents, soit provenant de fournisseurs, soit fabriqués dans l'usine. Les gammes de fabrication traduisent cette utilisation différente des machines et ces besoins différents en composants. Certaines usines travaillent même à la commande, réalisant un produit spécifique pour chacune des commandes. On verra que dans l'industrie automobile, cette diversification des « titres » est un des facteurs les plus importants des évolutions en cours même si le phénomène a été freiné – ou s'est même parfois inversé – ces toutes dernières années.

■ Défi de la complexité et impasse combinatoire

Une même machine peut réaliser beaucoup de produits différents ou d'actions différentes sur des produits : c'est d'ailleurs la caractéristique des machines-outils de pouvoir être adaptées au moyen de réglages à n'importe quelle action. La difficulté est que cette adaptation d'une machine (réglage, changement de format, changement d'outillage, etc.) prend du temps. Ce temps représente un coût en immobilisation de machine, démarrage et perte des premiers produits, intervention de régleurs ou d'opérateurs. On a donc intérêt à réduire ces changements au minimum en produisant des séries d'articles suffisamment longues. On parle alors de « séries économiques ».

Face à ce problème de diversité de la demande impliquant des changements répétés d'outils, il est possible d'identifier 3 stratégies possibles :

– l'accroissement de la flexibilité via la mise en œuvre de techniques telles que le SMED évoqué plus loin plus en détail ;

– la spécialisation des lignes de production par famille logistique. Cette approche s'accompagne souvent d'un accroissement de capacité non saturée mais le *trade-off* service – coût donne l'avantage à la satisfaction des clients par le respect du délai promis et la non prolifération des stocks d'encours ;

– enfin, comme cela a déjà été signalé par la création de lots économiques limitant les changements de série mais conduisant à des retards de livraison éventuels et/ou des stocks d'encours en hausse.

La capacité de production de chaque machine est limitée. En principe, une usine est conçue pour que ses différentes machines participent harmonieusement à la production type envisagée. En pratique, les machines sont achetées assez souvent sur catalogues et leur capacité peut être différente de l'optimum de telle sorte que certaines machines peuvent être plus chargées que d'autres. De plus, la diversité des produits et des gammes de production font que telle machine qui peut être disponible à certains moments devient surchargée à d'autres. On parle pour désigner ces machines dont la charge peut retarder le flux de production tout entier, de « machine critique » et de « goulet d'étranglement ». Il est donc nécessaire de réguler en permanence les flux et les stocks au sein de la plupart des usines.

Dans l'exemple de la figure 8.2, le poste de travail A peut produire tour à tour trois composants à partir de la matière première 1. Le poste B peut produire tour à tour trois composants 7, 11 et 12 à partir des composants 2, 3, 9 ou 1 et l'on obtient à la sortie du poste D, trois produits finis possibles : 8, 13 et 14 qui résultent chacun d'un circuit particulier et donc de l'assemblage de composants définis par produit (figure 8.3).

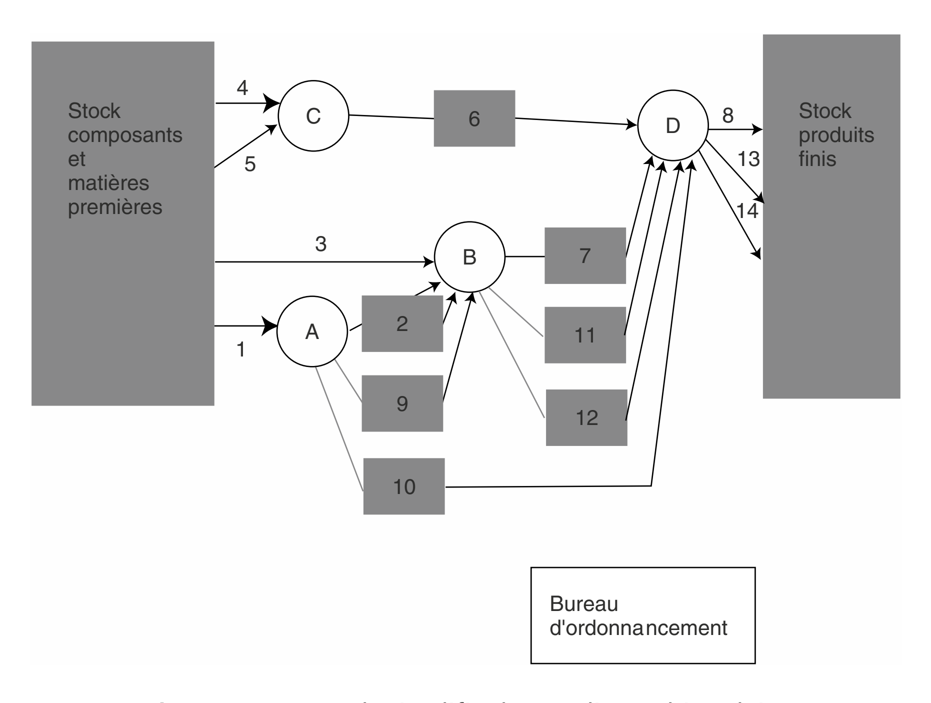


Figure 8.2 – Exemple simplifié d'un atelier multiproduits.

B

LOGISTIQUE DES FLUX ET DES STOCKS

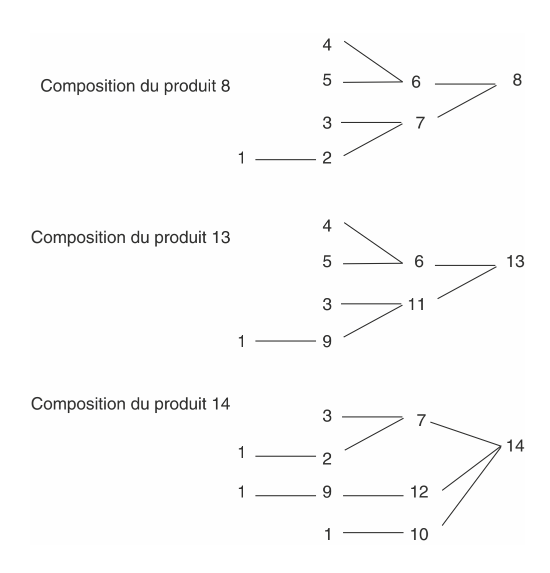


Figure 8.3 – Circuits des différents assemblages possibles.

Le responsable du stock de produits finis qui peut être le service commercial doit désormais prévoir ses besoins par exemple par analyse de l'historique des ventes avec tendance, saisonnalité, etc. Il passe des commandes à l'atelier. Les opérateurs des machines doivent savoir quels éléments fabriquer et en quelles quantités ; il faut donc mettre en place un bureau d'ordonnancement qui établit des « ordres de fabrication » par poste de travail.

Le responsable du stock de matières premières peut gérer son stock à partir de l'analyse des consommations passées de l'atelier. Ce sera souvent le cas lorsque le délai de livraison de ses fournisseurs est important par rapport au délai de livraison aux clients de l'atelier. Il ne dispose pas alors de prévisions commerciales à un horizon lui permettant de passer ses propres commandes.

Les stocks intermédiaires d'en-cours peuvent se réduire si l'on ne fabrique que les quantités nécessaires pour satisfaire les ordres de travaux mais, le plus souvent, les problèmes de qualité et/ou de fiabilité des machines font qu'ils s'accroissent et ils peuvent même devenir de véritables stocks dans une partie d'un des deux magasins.

À partir de là deux familles de stratégies de gestion des flux et des stocks dans l'atelier peuvent se dessiner :

1. Une stratégie déterministe consistant à renforcer le système de prévision et d'ordonnancement privilégiant la gestion des flux en réduisant le rôle des stocks. On s'efforce d'effectuer des prévisions :

– à moyen terme (3 à 6 mois) permettant de vérifier la capacité de l'atelier et de prévoir éventuellement des appels à la sous-traitance ainsi que de lancer les commandes de matières premières et de composants ;

– à court terme (commandes en cours ou prévisions de quelques semaines à quelques jours) permettant d'optimiser la charge des postes de travail et de satisfaire les commandes.

Ces stratégies font appel le plus souvent à des méthodes sophistiquées et des progiciels, dits de gestion de production et d'ordonnancement. Les stocks d'en-cours, en théorie inutiles si la prévision est correcte, restent souvent importants pour remédier aux dysfonctionnements, aux modifications de planning, aux commandes imprévues, etc. Ils peuvent même être systématiques comme on le verra pour réduire la durée de livraison aux clients de l'entreprise.

2. Une stratégie de gestion de stocks :

– soit en gérant des stocks importants de produits finis qui permettent de remédier aux fluctuations de la demande des clients ;

– soit en multipliant les petits stocks d'en-cours entre les machines, stocks renouvelés dés qu'ils s'épuisent de façon à satisfaire les besoins de l'aval à condition que les délais de fabrication ne soient pas prohibitifs par rapport aux besoins des clients. C'est ce qu'on appelle la technique des « flux tirés » de l'amont vers l'aval par opposition à la technique de la GPAO. La mise en œuvre peut se faire à travers la technique du *kanban* que nous analyserons. Paradoxalement, une telle technique peut amener à une réduction des stocks d'en-cours si l'on prend soin de réduire progressivement le nombre de *kanban* entre chaque poste de travail.

8.2 Objectifs de la régulation des flux de production

Il est important, avant d'examiner les techniques de régulation des flux, d'en bien voir les objectifs. Bien entendu, ces objectifs ne sont pas tous compatibles et il faut trouver des compromis entre les uns et les autres :

– livrer les clients aux dates prévues,

– fabriquer rapidement,

– réduire les stocks,

– maximiser la productivité des machines et des hommes,

– réduire les délais de mise en marché de nouvelles productions.

8.2.1 Livrer « à date »

Livrer les clients aux dates prévues et/ou ne pas avoir de ruptures de stock est comme toujours un des premiers objectifs de la régulation de la production. On prendra garde cependant qu'assez souvent les commandes ne sont passées que lorsque le client s'est assuré que le fournisseur pouvait les livrer si bien que ce taux de satisfaction des commandes ne traduit pas toujours le taux de satisfaction réelle de la clientèle. De plus, il appartient au service commercial de vendre les produits dont l'entreprise dispose ou dont elle est capable de disposer à court terme : le service commercial est donc assez souvent le premier régulateur de la production en ne proposant pas des produits qu'il n'est pas certain de pouvoir livrer à temps. Ainsi un concessionnaire automobile peut proposer immédiatement les modèles qu'il a en stock et, avec des délais qui peuvent être très importants pour des véhicules importés, des modèles qu'il n'a pas.

Les retards de livraison étaient cependant considérés, il n'y a pas si longtemps, comme une maladie endémique de l'industrie française ; la situation

s'est améliorée ces dernières années avec la crise et le progrès des méthodes de gestion de production, mais la multiplication des produits et donc des fabrications ne simplifie pas les choses.

Les indicateurs de qualité de livraison sont des pourcentages de livraisons « à date » (selon les entreprises entre 90 et 99 %), de fabrication « à date » ou des taux de rupture de stock.

8.2.2 Livrer vite en fabriquant plus vite encore

Tenir ses délais est une chose, avoir des délais courts en est une autre. La nouvelle compétition économique se traduit par des prix bas, une très grande variété de produits et des délais courts. La littérature entrepreneuriale est riche en exemples d'entreprises qui ont acquis un avantage compétitif important en réduisant leurs délais. Ainsi Courvoisier, qui vend du cognac dans le monde entier, a constaté en trois ans une réduction du délai entre réception de la commande et livraison, de trois à quatre semaines à une dizaine de jours. Dans le cas de livraisons sur stock, c'est le résultat d'une logistique efficace. Dans le cas d'une entreprise industrielle, cela doit résulter d'une amélioration de la rapidité de fabrication. Les avantages en sont multiples et souvent soulignés :

– avantage concurrentiel de livrer plus vite, argument de vente d'autant plus important que les consommateurs réclament une plus grande variété de produits et que la combinatoire de toutes les options possibles rend la fourniture sur stock de plus en plus difficile. Cet objectif est d'autant plus important pour des produits de commodité ou des produits devenus banalisés qui ne se différencient plus que par le service associé ;

– plus grande rapidité à répondre aux fluctuations de la demande avec la possibilité éventuelle de faire passer en *Make-To-Order* certaines opérations de différenciation des produits qui étaient gérés auparavant en *Make-To-Stock*. La tendance actuelle à mettre en place l'ECR résulte assez souvent d'un désir de satisfaire plus vite les consommateurs, particulièrement chaque fois que les phénomènes de mode sont importants (confection par exemple) ; cet aspect est aussi utile pour répondre plus vite à la demande que pour ne plus continuer à fabriquer lorsque la demande décroît aussi vite qu'elle a crû. Pendant que les containers de produits déjà démodés arrivent d'un pays où la fabrication a été délocalisée, l'entreprise locale et rapide a déjà cessé de fabriquer ;

– diminution des stocks d'en-cours et de leurs coûts sachant qu'il existe une relation dialectique entre les stocks d'encours et le délai d'écoulement des produits le long de la *Supply Chain* ;

– facilité de gestion industrielle : il est plus facile de gérer la production de séries qui se succèdent rapidement que celles d'une multitude de produits que l'on fabrique en même temps avec des problèmes de priorités, de stockage, de changements d'outils, etc. Les spécialistes de l'École de Toyota insistent à juste titre sur le SMED et l'avantage que l'on a à pouvoir changer rapidement d'outillage (nous reviendrons là-dessus). Il n'empêche qu'il est très avantageux, si la variété des commandes n'y oblige pas, de produire tour à tour rapidement des séries de produits homogènes.

Les indicateurs de cette rapidité de fabrication ne sont pas évidemment les mêmes que ceux de la qualité de service. On mesurera le délai de livraison, et

particulièrement le délai de fabrication d'une commande, à l'intérieur de ce délai de livraison. Dans ce délai de fabrication on va trouver le total des temps secs de traitement sur machine (connu d'après les gammes) et le total des temps d'attente. Jean Bounine (1989) remarque que le premier s'exprime généralement en heures alors que le second s'exprime le plus souvent en jours. Le rapport entre ces deux temps est très significatif de la qualité de la logistique industrielle mise en œuvre. Certains experts affirment ainsi que pendant 95 à 99 % du temps, on ne génère pas de valeur ajoutée pour le produit.

Le temps total du cycle de production, c'est-à-dire le temps total entre l'arrivée des matières premières et sous-ensembles et la sortie du produit fini (*lead time*), est caractéristique d'une entreprise même s'il est difficile à comparer d'une entreprise à l'autre du fait des différences de définition et de la multiplicité des matières, des composants et des produits.

Mais ce délai de fabrication n'est pas toujours significatif car il y a une grande différence entre la fabrication à partir d'un en-cours existant et la fabrication complète. Une façon classique de réduire les temps de fabrication consiste à stocker de l'en-cours puis à procéder seulement à des traitements spécifiques (par exemple conditionnement), pour satisfaire une commande.

L'augmentation de la rapidité de réaction n'est pas nécessairement obtenue par un accroissement de la vitesse des machines. Les tenants de l'école de Toyota insistent très souvent sur l'intérêt de ne pas travailler par lots, mais par unités pour améliorer la vitesse de fabrication. Ainsi, si sur une ligne de production on doit produire 5 pièces par passages successifs sur les postes de travail A, B, C et D à raison de 1 minute par poste de travail, on peut procéder de deux façons :

– passer le lot des 5 pièces au poste A (durée, 5 minutes) puis au poste B (durée, 5 minutes) puis au poste C et enfin au poste D pour une durée totale de 20 minutes ;

Tableau 8.1

	Poste A	**Poste B**	**Poste C**	**Poste D**
1re minute	Pièce 1			
2e minute	Pièce 2	Pièce 1		
3e minute	Pièce 3	Pièce 2	Pièce 1	
4e minute	Pièce 4	Pièce 3	Pièce 2	Pièce 1
5e minute	Pièce 5	Pièce 4	Pièce 3	Pièce 2
6e minute		Pièce 5	Pièce 4	Pièce 3
7e minute			Pièce 5	Pièce 4
8e minute				Pièce 5
Total	5 minutes	5 minutes	5 minutes	5 minutes

– passer la pièce n° 1 sur le poste A (durée, 1 minute), puis la même pièce-pièce sur le poste B pendant que le poste A traite une autre pièce, puis la pièce n° 1 sur le poste C pendant que le poste B traite la pièce n° 2 qui vient du poste A et que le poste A traite la pièce n° 3. La durée totale de passage des 5 pièces est alors de 8 minutes même si le temps total de passage sur chaque machine n'a pas changé.

Évidemment il est plus difficile de transférer les pièces une par une d'une machine à l'autre que de transférer un lot dans un container, mais l'on diminue ainsi le temps total de réalisation du lot.

8.2.3 Le « zéro-stock »

Une façon simple d'éviter les ruptures de stock est d'avoir des stocks importants. Mais ces stocks sont coûteux car ils immobilisent du capital et subissent de plus en plus rapidement des effets d'obsolescence. La durée de vie des produits étant de plus en plus courte, créer un stock c'est prendre le risque de ne jamais vendre tout ou partie de ce stock, rendu obsolète par un phénomène de mode (prêt à porter par exemple), un progrès technique ou une réduction des coûts (micro-ordinateur par exemple) ou encore une péremption naturelle (presse ou produits alimentaires). On s'efforce donc de réduire ces stocks de produits finis.

Mais il en est de même des composants élémentaires ou sous ensembles et des en-cours de production. Les composants électroniques se démodent aussi vite que les micro-ordinateurs. De toutes façons les pièces élémentaires ne servent plus quand la ligne de production est arrêtée ; on peut bien entendu les affecter au service après vente mais il n'y a aucune raison pour que ces pièces laissées pour compte de la production, correspondent aux besoins du SAV. De toutes façons, les en-cours représentent une immobilisation importante de capital.

Une des mesures importantes dans l'esprit de ce nouveau management industriel est la durée que met un composant ou une matière première entre son entrée dans l'usine et sa sortie, intégrée à un produit fini.

On va donc s'efforcer de trouver comme toujours un compromis entre la livraison « à date » et sans rupture de stock et l'importance du stock de produits finis ou d'éléments servant à le fabriquer. L'objectif dit de « zéro-stock » traduit une certaine volonté d'accélérer la production et donc de réduire les stocks au détriment même du taux de service de la clientèle.

8.2.4 Maximiser la productivité

Maximiser la productivité des opérations et des inter-opérations peut paraître une vieille lune dont on ne parle plus directement ; ceci reste cependant le point essentiel de la réduction des coûts. Dans beaucoup de fabrications, les coûts les plus importants sont les coûts de main-d'œuvre. On tend donc à les réduire soit en délocalisant dans des pays où la main-d'œuvre est moins chère, soit en réduisant la main-d'œuvre et donc en augmentant la productivité. L'automatisation est une des voies privilégiées de cet accroissement de la productivité-homme.

Mais une fois réduit la charge salariale dans la fabrication d'un produit, il reste des charges proportionnelles de matières premières et de composants, et des

charges fixes d'immobilisation et de mise en œuvre des machines. Plus la productivité machine est forte et moindres sont ces dernières charges par produit fabriqué ; or il apparaît très souvent que, particulièrement après automatisation, la productivité machine est faible et souvent de moins de 50 % de la capacité théorique des machines. Il n'est pas rare de trouver dans l'industrie des TRS (taux de rendement synthétique) de 60 % une fois pris en compte les temps de changement machines, les arrêts pour maintenance, les disponibilités nécessaires pour tester les phases d'industrialisation et de mise en série de nouveaux produits. On peut objecter, face à ce souci, que si l'on produit plus dans le même temps, rien ne dit que l'on saura vendre ce supplément de production mais il est évident que, à moyen terme, un tel raisonnement mène à la faillite. Le management productif total (issue de ce qu'on appelle encore souvent la TPM (*Total Productive Maintenance*) permet d'analyser toutes les causes de non-productivité des équipements : pannes, temps perdu au changement de gammes ou de formats ou d'outils, temps perdu à produire des articles de qualité non satisfaisante, « micro-arrêts » de toute nature qui « rongent » les capacités de production (Pimor, 1992).

8.3 Une approche déterministe de la régulation de la production : le MRP2

8.3.1 Principes

L'approche la plus rationnelle de la régulation de la production consiste à suivre une démarche qui, comme on l'a vu, partant de prévisions de ventes, et donc de productions, permet d'en déduire le plus exactement possible les besoins nécessaires à ces productions, machine par machine, et les dates optimales de chacune de ces productions. Il s'agit de planifications relativement classiques d'abord popularisées par des diagrammes de Gantt puis par des méthodes de type PERT-time et mises en œuvre avec des progiciels de « gestion de production assistée par ordinateur » (GPAO).

Cette approche a donné lieu à une certaine standardisation à travers ce qui s'appelait d'abord le *Material Requirement Planning* devenu par la suite *Manufacturing Ressources Planning* (MRP) d'abord 1 puis 2 lorsque la prévision s'est étendue à travers l'entreprise vers la prise en compte des besoins de trésorerie aussi bien que de matières[1], bientôt suivi par le DRP qui, comme on le verra, s'efforce d'étendre le système informatique vers l'aval.

Les étapes d'une telle démarche sont relativement classiques et répondent à une logique simple. Ce qui est difficile est la mise en œuvre comme nous le verrons en analysant chaque étape (figure 8.4) :

– 1re étape : déterminer les besoins-clients à un certain horizon : le plan de production ;

– 2e étape : déterminer les besoins bruts pour la période de planification : le programme directeur de production ;

– 3e étape : déterminer les besoins nets pour la période de planification ;

1. Le MRP1 serait du à J. Orlicky et le MRP2 à O. Wright.

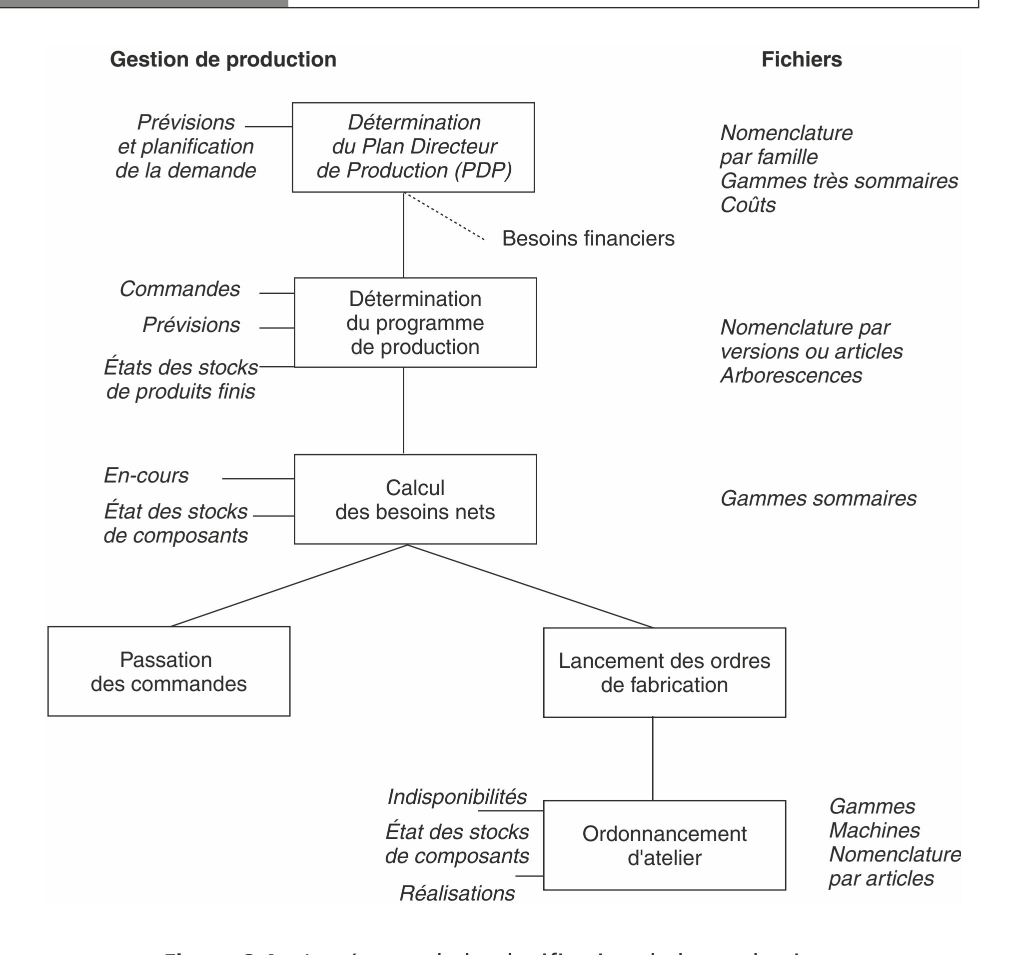


Figure 8.4 – Les étapes de la planification de la production.

– 4ᵉ étape : lancement des ordres de fabrication ;
– 5ᵉ étape : ordonnancement des travaux.

8.3.2 Déterminer les besoins-clients à un certain horizon : le plan de production

On a vu au chapitre 5 qu'une prévision ne pouvait être représentée par un nombre, mais devait êtres exprimée le plus souvent par une variable aléatoire. Or il est nécessaire dans l'entreprise industrielle d'effectuer des prévisions pour gérer le parc des machines, prévoir les effectifs nécessaires, passer des commandes et organiser la production plusieurs mois ou plusieurs années à l'avance. Si l'on connaît alors parfois des commandes déjà passées et la date à laquelle il faudra les livrer, une partie des commandes n'est pas connue et doit être estimée. Tous les calculs ultérieurs devraient donc être affectés par des probabilités avec des hypothèses minimales-maximales. Malheureusement cela compliquerait tellement les calculs en laissant une telle marge d'incertitude sur les résultats que l'on préfère partir d'une prévision unique,

quitte à reprendre les calculs si l'on constate des divergences en cours de route entre prévisions et réalisations[1].

Les enthousiastes du juste-à-temps tirent parfois argument de cette incertitude des prévisions pour proposer de renoncer à en faire en suivant la demande au plus près. La nécessité subsiste cependant d'effectuer des prévisions annuelles ou semestrielles, ne serait-ce que pour prévoir les besoins de financement de la production.

Ces prévisions sont souvent effectuées par familles de produits et doivent être réalisées par le service marketing en liaison avec la direction de production et la direction financière. Le rôle de la direction de la production est :

– d'évaluer globalement la capacité des moyens disponibles à réaliser le plan prévu,

– d'évaluer les besoins financiers en machines, personnel et matériaux pour réaliser la production envisagée. Ces prévisions peuvent s'intégrer dans les procédures de planification budgétaire ou à plus long terme de l'entreprise. Ce plan doit être revu avec une fréquence qui peut être assez souvent du semestre ou du trimestre (plan glissant).

8.3.3 Déterminer les besoins bruts pour la période de planification : le programme directeur de production

La détermination des besoins bruts à partir d'un besoin de produits finis peut être une tâche simple si l'on sait décomposer progressivement un produit selon une arborescence en composants de plus en plus fins jusqu'à la pièce, ou le sous-ensemble acheté à l'extérieur ou la matière première (composant de plus bas niveau ou « feuille » de l'arbre de décomposition). Cette arborescence ou nomenclature porte le nom de BOM (*Bill Of Materials*). Connaissant le nombre total de chacun de ces composants ou la quantité de chaque matière première pour chaque produit fini, on peut déterminer pour une période de production les besoins bruts en « *materials* » ce qui explique la signification initiale du MRP (*Materials Requirement Planning*). C'était à l'origine le corps même du système qui permettait de gérer au mieux, période par période, les stocks des produits nécessaires à la fabrication (figure 8.5).

Pour chaque composant ou matière première, il faut identifier ses caractéristiques précises dans une nomenclature et connaître la quantité nécessaire à chaque niveau. On appelle assez souvent « besoin dépendant », celui qui résulte d'un calcul effectué à partir des besoins d'un composant de niveau supérieur. Réciproquement, le « besoin indépendant » est le besoin résultant de commandes ou prévisions (par exemple pièces de rechanges pour le SAV).

Cet arbre de décomposition, qui est le point de départ du MRP et le schéma de base de beaucoup de progiciels, peut ne pas correspondre à la réalité de la production d'une entreprise. On a vu que la structure de fabrication par assemblage progressif, si elle correspond à beaucoup d'usines d'assemblage de biens complexes, n'est pas universelle. On peut avoir, comme dans l'industrie pétrochimique, la situation d'un produit de base qui s'éclate progressivement en des produits de plus en plus spécifiques à travers une arborescence

1. L'industrie automobile travaille cependant de plus en plus en tenant compte de « maxi-mini » à un certain seuil de probabilité à l'intérieur de chaque modèle/version/option.

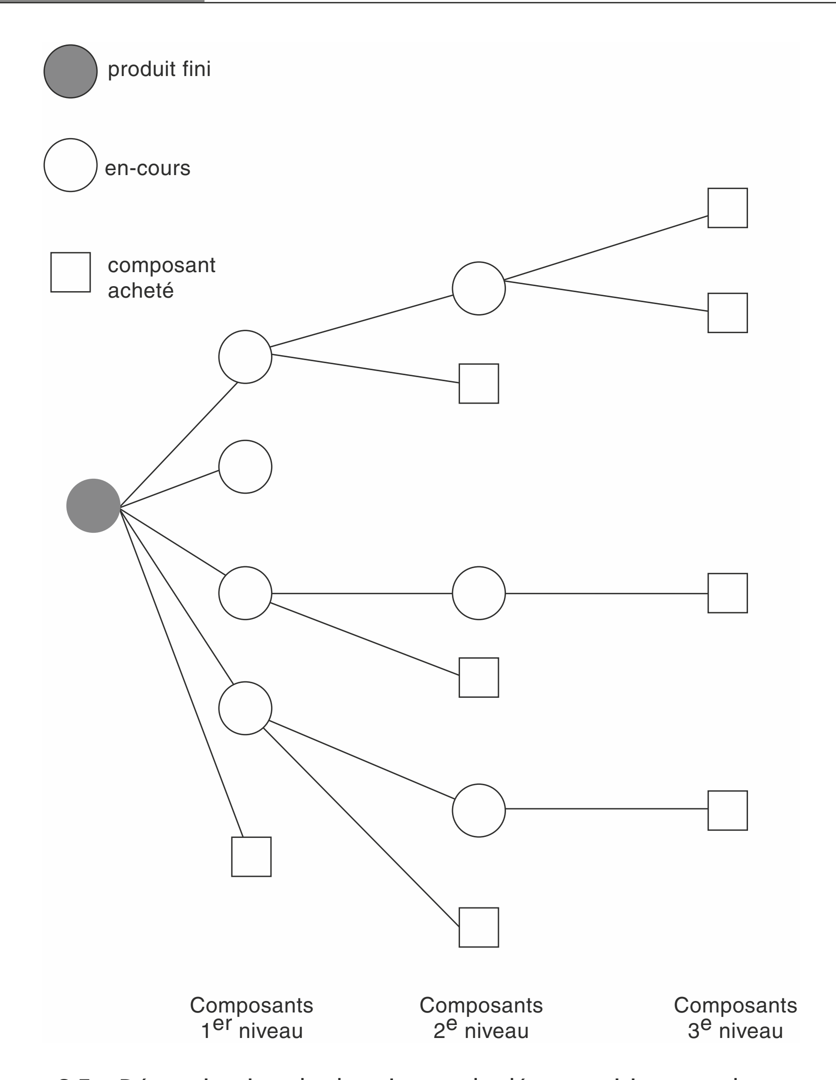


Figure 8.5 – Détermination des besoins par la décomposition en arborescence.

inverse. Beaucoup de raffineries ont alors recours à la programmation linéaire pour déterminer, en fonction des besoins et des règles techniques de production, le plan qui assure le meilleur rendement économique en fonction des prix de vente des produits (il ne s'agit plus alors de MRP). Dans l'agroalimentaire on trouvera assez souvent une double arborescence par regroupements successifs jusqu'à l'obtention d'un ou plusieurs produits de base que l'on éclate ensuite en des produits plus spécifiques par ajout de composants, emballages, etc. Il faut alors procéder à un plan directeur de production à deux niveaux.

La nomenclature que l'on utilise pour réaliser le programme de production n'est pas nécessairement la même que celle que l'on a utilisée pour réaliser le plan directeur de production. Elle peut être plus précise, mais doit évidemment rester cohérente avec elle par agrégation. Le plus difficile est d'ailleurs

de faire évoluer ensemble toutes ces nomenclatures réalisées à divers niveaux d'agrégation. Le problème peut même devenir un problème clef de l'entreprise lorsqu'il s'agit de produits complexes présentant des variantes importantes presqu'avec chaque production. C'est par exemple le cas des productions aéronautiques et télécoms et l'on doit utiliser alors des progiciels de « gestion de configuration ».

L'horizon du programme de production est le plus souvent nettement plus court que celui du plan de production. La période peut par exemple être la semaine et l'horizon trois mois avec une révision hebdomadaire. Les prévisions nécessaires, tout en restant cohérentes avec celles du plan de production, sont établies spécifiquement en partant des commandes déjà passées par des clients, des prévisions pour les commandes non encore passées et des stocks existant. On verra avec le DRP *(Distribution Resource Planning)* une approche informatique permettant de préparer les prévisions du programme directeur (B.8.7.2).

D'une manière générale, il est important de noter que la plupart des logiciels de gestion de production calculent des besoins et des charges à capacité infinie. Ce n'est qu'au stade des APS (*Advanced Scheduling Systems*) que l'on va prendre en compte la contrainte de la capacité.

8.3.4 Déterminer les besoins nets pour la période de planification

Après avoir déterminé les besoins pour la production des produits finis, il faut évidemment tenir compte de ce dont on dispose déjà, c'est-à-dire des en-cours de production et des stocks de composants déjà achetés. Il suffit de les déduire des quantités à produire ou à acheter. Mais le travail de préparation n'est pas alors terminé car il faudra le plus souvent constituer des lots homogènes de production. Si le temps de changement d'un outillage est de 100 minutes, ce temps s'imputera pour 1 minute sur chaque article si on n'en produit que 100 et pour 6 secondes seulement si on en produit 1 000. On a donc intérêt à produire des lots suffisamment importants pour amortir ce temps de changement de production : on parle alors de série économique. On n'a pas manqué d'appliquer la bonne vieille formule de Wilson à la détermination des séries économiques. On peut en effet considérer que ce temps de changement d'outillage et de réglage est une charge fixe à amortir sur la série la plus importante possible – comme le coût de commande en gestion des stocks – et que par ailleurs plus la série est importante, plus le stock d'en-cours sera important et plus le coût financier en sera élevé (comme le coût du stock moyen en gestion des stocks). On peut objecter que l'en-cours n'augmente pas nécessairement avec l'augmentation de la série économique si on sait utiliser les en-cours au fur et à mesure de leur production comme on l'a vu (B.8.2.2), mais il est exact que de longues séries de production ne permettent pas un usage immédiat face à la complexité de productions multiples et de plus en plus variées. Il faut donc trouver un compromis quitte, comme on le verra, à résoudre le problème autrement en réduisant les temps de changement de production.

Le calcul des besoins nets joue un triple rôle :

– il permet de déterminer les commandes à passer aux fournisseurs pour assurer la production prévue à l'horizon du programme directeur de production en déterminant les dates de lancement de ces commandes compte tenu des

délais de livraison de ces fournisseurs et des unités d'achat, si ces achats n'ont pas déjà été effectués à partir du plan de production ;

– il permet de déterminer par unité de temps les besoins à chacun des niveaux de la nomenclature en tenant compte des délais de production, des délais de livraison des fournisseurs et des commandes déjà lancées ; il permet donc de lancer des ordres de fabrication machine par machine ou atelier par atelier selon le degré d'analyse retenu ;

– il permet parfois de vérifier que le programme de production est compatible avec la charge des machines et des ateliers.

Pour effectuer ces calculs, le système doit disposer de gammes sommaires de fabrication pour déterminer les délais de fabrication de chaque niveau de sous-ensemble.

8.3.5 Lancement des ordres de fabrication

On parle parfois de commandes mais si les lots à fabriquer peuvent coïncider avec des étapes de réalisation de commandes réelles dans un système de gestion « à la commande », ce ne sera pas nécessairement le cas et jamais lorsque la production approvisionne des stocks de produits finis.

8.3.6 Ordonnancement des travaux

Le plan de production permet de connaître, pour chaque période de temps, ce qui doit être réalisé par ordre de fabrication avec une date au plus tôt (en fonction des approvisionnements) et une date au plus tard (pour satisfaire la date de la commande ou le lot à fabriquer). En général il ne permet pas d'affecter chaque ressource à chaque instant et donc d'ordonnancer les travaux sur les machines. Autrefois, et encore parfois de nos jours, un agent de planning recevait les ordres de fabrication et les casait sur le planning, machine par machine, en tenant compte des temps de réalisation, des dates au plus tôt ou au plus tard, des changements d'outillage, des outils disponibles, des possibilités de regroupement de tâches, des indisponibilités, etc. Le planning mural était parfois le lieu de rencontre chaque matin de tous ceux qui étaient intéressés à la production, depuis le directeur de la petite entreprise, le commercial, le responsable des achats jusqu'au contremaître ou au chef d'entretien.

Les progiciels de GPAO proposent des modules d'ordonnancement avec des passerelles entre modules et les fabricants de progiciels d'ordonnancement proposent des interfaces avec les principaux progiciels de GPAO : transfert des ordres de fabrication et éventuellement des situations de stock d'une part, transfert des descriptifs de machine et des gammes d'autre part. On peut aussi transmettre en retour, depuis les progiciels d'ordonnancement, des situations d'ordonnancement vers la GPAO.

Il faut cependant reconnaître que la planification de production moyen terme à maille hebdomadaire sur 12 semaines pour se caler sur le *quarter* et l'ordonnancement de production à l'heure machine affectant les ressources humaines et calant des ordres de fabrication selon des contraintes de taille de lot économique et de respect des promesses faites aux clients de délai de mise à disposition répondent à deux problématiques de natures différentes et s'appuient d'ailleurs sur des algorithmes bien spécifiques.

Ces progiciels d'ordonnancement vont s'efforcer d'ordonnancer les travaux à la semaine et/ou à la journée, voire même en temps réel pour tenir compte des tâches urgentes dès qu'elles arrivent. Certains d'entre eux s'enrichissent d'un suivi permanent éventuellement à travers une connexion avec le système de supervision ; la gestion de la qualité peut s'y raccorder ainsi que la gestion des opérateurs et manutentionnaires, la gestion de la documentation, la messagerie entre les différents postes, etc. pour devenir un véritable système de gestion d'atelier.

Ces progiciels se heurtent tous à une difficulté d'optimisation qui apparaîtra mieux en examinant les différentes étapes de cet ordonnancement, étapes qui ne sont pas toutes réalisées par tous les progiciels puisque certains s'arrêtent à la première, d'autres à la seconde et d'autres enfin à la troisième.

1. La première étape est le « jalonnement ». Selon la norme Afnor X 50-310, il est « l'aboutissement d'une action d'ordonnancement, constitué par un ensemble de repères dans le temps ». En pratique cela revient à prendre les ordres de fabrication les uns après les autres et à les positionner à partir de règles :

– calcul au plus tard : on positionne un ordre de fabrication de telle sorte que le travail soit fini à la date prévue au plus tard ; ceci permet de réduire les en-cours en diminuant les temps d'attente mais met le processus à la merci d'un incident (panne) ; il peut arriver que l'ordre de fabrication soit en retard et que la date de début soit déjà dépassée. Dans ce cas certains progiciels repositionnent l'ordre au plus tôt ;

– calcul au plus tôt : on positionne l'ordre de fabrication à la première date disponible ; les avantages et inconvénients sont à l'inverse de la règle précédente ;

– étalement entre les dates au plus tôt et au plus tard en fonction de règles diverses ;

– maintien de marges en laissant aux opérateurs le soin de choisir les heures réelles d'exécution et l'ordre des fabrications à l'intérieur d'une marge.

Comme cela a été mentionné, le plus souvent ces calculs se font à capacité infinie, c'est-à-dire sans tenir compte de la capacité des moyens de production pendant chaque période ; bien entendu, il arrivera que, pour certaines périodes, la charge sera plus forte que la capacité d'une machine et pour d'autres périodes, plus faibles.

2. La deuxième étape est donc une étape d'optimisation à capacité finie qui consiste à déplacer les ordres de fabrication en fonction de règles pour que la charge d'une machine ne soit pas supérieure à sa capacité. Le résultat se traduira bien entendu par des retards, des en-cours qui ne seront pas minimaux, etc. On va par exemple placer un ordre de fabrication dans un trou disponible dans la charge d'une machine. C'est la partie la plus délicate. On peut définir des règles de priorité comme par exemple faire passer d'abord les tâches dont la marge est la plus faible ou dont le changement d'outil est le plus court ou dont le numéro de priorité est le plus grand, etc. On peut aussi simuler les solutions possibles pour choisir celle qui maximise ou minimise un critère choisi (programmation linéaire, utilisation de la théorie des graphes ou systèmes experts). La difficulté est que l'on se trouve très vite face à une explosion combinatoire qui rend impossible l'analyse de toutes les possibilités. On doit

donc se contenter d'utiliser des méthodes heuristiques sans être jamais certain de la procédure optimale.

Une fois ce travail effectué, on doit en communiquer les résultats aux postes de travail et à ceux qui en assurent la logistique : mise en place des pièces, des matières premières, des produits en cours de réalisation ou des conditionnements, mise en place d'outillages, etc. Une partie de ces transmissions d'information peut être effectuée directement sur le poste de travail avec un écran ou même dans le superviseur.

3. La remise à jour de l'ordonnancement n'est pas l'étape la moins importante d'un progiciel d'ordonnancement. Il peut en effet survenir des incidents : pannes, indisponibilité de pièces ou de matières premières, incidents de qualité demandant des passes supplémentaires ou une réfection, arrivée de commandes urgentes en dépannage, etc. On peut alors recalculer complètement l'ordonnancement (pilotage « régénératif ») mais c'est une opération qui peut être longue et qui va perturber les informations des différents postes. On peut, avec certains progiciels, modifier seulement une partie du modèle, mais sans être certain de ne pas modifier de façon importante les objectifs de recherche d'optimum. Des capacités de simulation peuvent permettre de juger des conséquences d'une modification et de déterminer par exemple en combien de temps on est capable de répondre à une commande d'un client. Ce dernier point tend à devenir de plus en plus important. En effet d'une part les micro-ordinateurs sont de plus en plus puissants et les procédures régénératives qui prenaient des heures peuvent être effectuées en un nombre raisonnable de minutes ; d'autre part, l'augmentation de la diversification des produits conduit à fabriquer de plus en plus souvent à la commande. Le service commercial devient alors partie prenante de ces simulations et de ces remises à jour qui lui permettent d'annoncer au prospect un délai de livraison à peu près garanti.

8.3.7 Avantages et inconvénients

La GPAO est devenue le point de passage incontournable de la certification ISO 9002. Avant cela, ce fut le cheval de bataille de beaucoup d'entreprises industrielles dans la lutte pour une meilleure tenue des plannings et des engagements commerciaux. Les résultats ne sont cependant pas toujours à la hauteur des espérances ; il est bon de comprendre pourquoi.

La procédure MRP2 est d'une logique absolue. Elle demande cependant de disposer de beaucoup d'informations précises et exactes. Or l'entreprise ne dispose pas toujours de ces informations ou ne les tient pas à jour des multiples modifications qui interviennent en permanence.

Il faut connaître toutes les gammes de production avec différents niveaux de détail selon le niveau de l'analyse or il peut y avoir des écarts importants entre les gammes telles qu'elles sont connues dans les bureaux méthodes et la pratique sur le terrain. C'est pour cela que, pour la certification ISO 9002, on exige le plus souvent que la documentation technique des opérateurs de production soit à jour et respectée sur le terrain, mais l'on sait qu'après le passage des certificateurs, ce n'est plus toujours le cas. D'autre part, de plus en plus de productions répondent à des spécifications particulières : c'est la conséquence de la tendance générale à la diversification des produits que l'on

a examinée. Dans la hâte de répondre favorablement à une nouvelle demande, on n'a pas toujours le temps de mettre à jour la documentation, ni les gammes dans le système de GPAO. Il en résulte des divergences que les opérateurs rattrapent sur le terrain, mais qui mettent à mal la planification de la GPAO.

Il faut connaître les temps d'opérations à partir de standards. Or la production subit de multiples aléas qu'analysent les indicateurs de la TPM : pannes, défauts de qualité à reprendre, micro-arrêts, ralentissements de cadences résultant de problèmes d'usure des machines ou de spécifications particulières ou simplement d'absence de rigueur. On ne connaît pas toujours avec précision les temps de changement d'outillage ou de « mise au mille » qui peuvent varier avec la compétence des opérateurs, l'état des outils, la nature des opérations précédentes, etc. Tous ces facteurs souvent peu maîtrisés ne permettent pas de déterminer des charges exactes pour les machines. Dans beaucoup d'entreprises, particulièrement après automatisation, le taux de rendement synthétique est de moins de 50 %, ce qui signifie que la production réelle d'une machine ou d'une ligne est de 50 % de sa production théorique. Reste à savoir ce que l'on va prendre en compte dans les gammes de la GPAO. D'ailleurs même si l'on tient compte de tous ces aléas dans les gammes, par définition, ils ne se produiront pas sur chaque ordre de fabrication de telle sorte que la mécanique prévisionnelle de fabrication au plus tard va se traduire par des retards.

Il faut tenir compte en outre de l'importance des machines critiques dans les flux de production. Ces machines qui peuvent changer selon les productions et les charges d'un atelier sont au sens du PERT des machines dont les tâches sont telles que tout retard sur cette tâche entraîne un retard sur la livraison de la commande toute entière. On verra qu'un progiciel de GPAO comme OPT vise par exemple à optimiser la charge des machines critiques mais ce n'est pas le cas de la plupart des progiciels.

Les opérateurs de production ne respectent pas toujours les préconisations du système de GPAO et, compte tenu des difficultés qu'on vient de voir, ils ont parfois d'excellentes raisons de le faire. Le danger est qu'ils les respectent très peu parce qu'ils ont peu confiance dans les calculs de l'ordinateur qu'ils ne comprennent pas et qu'ils préfèrent s'en remettre à des règles « de bon sens » traditionnelles mais non optimisées.

Les fournisseurs ont les mêmes difficultés que ceux qu'ils approvisionnent et des résultats qui ne sont pas meilleurs. Leurs retards vont alors perturber les plans de production, sauf à constituer des stocks importants. On verra donc souvent dans les entreprises qui, pour des raisons financières ou de prix de revient, ne peuvent constituer des stocks importants, le système de GPAO se dégrader par l'amont. Dans le même temps, les entreprises aval lancent des commandes urgentes pour remédier à leurs propres dysfonctionnements et ces commandes urgentes vont à leur tour perturber le plan de production.

En effet la pression commerciale va conduire de plus en plus souvent à modifier le plan de production au gré des protestations des clients et de la pression des commerciaux ; ces modifications dont le bien-fondé peut être parfaitement justifié font que peu à peu la production n'est plus optimisée et que le plan de production tend à diverger de plus en plus avec la pratique. On finit par y renoncer et ne plus conserver de la GPAO qu'un plan directeur à moyen terme et sur le terrain un système d'impression et d'archivage d'ordres de fabrication.

La faible efficacité de la GPAO provient donc souvent d'une absence de rigueur dans les procédures, d'une mauvaise préparation de la mise en place de la GPAO dans les ateliers et souvent d'une mauvaise compréhension de ses règles et de ses objectifs.

Mais d'autres raisons encore plus fondamentales peuvent venir perturber le fonctionnement du MRP2. Si une entreprise travaille à la commande, ce qui est le cas de beaucoup d'entreprises françaises, les différentes commandes vont se trouver regroupées dans des lots de fabrication lors de la détermination des besoins bruts, mais toutes les commandes n'ont pas les mêmes dates au plus tard. On risque donc, pour avoir pris un retard sur un lot, de mettre en danger une commande importante qui n'a besoin que d'une faible partie de ce lot. Souvent les ordres de fabrication qui résultent de la GPAO ne connaissent plus les commandes initiales et il est très difficile de suivre l'avancement des commandes dans les périodes difficiles. À l'inverse si l'on gère la production à la commande, on risque fort d'éclater la production en très petits lots impliquant des changements fréquents d'outillage et donc des temps de production prohibitifs. Il n'est pas facile de trouver un équilibre entre ces deux politiques.

D'autres causes d'inadaptation d'un progiciel de GPAO et ou d'ordonnancement peuvent provenir des spécificités propres de la production. On a vu qu'il fallait selon les cas minimiser ou non les changements d'outillages, réguler ou non l'affectation des outils, tenir compte ou non de chaque commande, mettre l'accent ou non sur la gestion des machines critiques, prendre en compte la gestion de batchs successifs dans les industries chimiques ou agroalimentaires en réduisant les opérations de lavage de cuves et en optimisant l'utilisation des fours tout en tenant compte des températures, des durées et des autres conditions, etc. Il faut tenir compte de l'organisation même de la production tantôt par assemblage progressif, tantôt par éclatement progressif et assez souvent par éclatement puis assemblage avec des stocks intermédiaires d'en-cours à réguler. La saisonnalité éventuelle de la vente modifie évidemment de façon très importante les conditions de production. Les produits finis peuvent être hétérogènes quant à la régularité de leur consommation et à leurs volumes. Cette hétérogénéité peut conduire à gérer différemment les produits par classes avec des fabrications pour stocks pour les uns et des fabrications à la commande pour les autres.

Tous ces facteurs font que le choix d'une GPAO est difficile. L'expérience d'entreprises comparables de la même branche industrielle peut être l'argument déterminant du choix d'un progiciel à condition d'être certain que l'on a bien les mêmes conditions de production. L'adaptation d'un progiciel général peut être extrêmement difficile et demande assez souvent le concours d'un spécialiste de la GPAO dans cette branche industrielle. C'est un domaine où il est difficile d'être généraliste tant les spécificités de chaque production sont importantes.

Le MRP présente enfin l'inconvénient de toute prévision. Prenant en compte des prévisions, il fait tout ce qui est nécessaire pour que le plan de production qui en découle se déroule comme il était prévu à l'horizon de la prévision. Il a donc une assez grande inertie, d'ailleurs indispensable le plus souvent pour les achats. Si pendant la période, les ventes évoluent, il faut faire évoluer les prévisions et donc le plan de production. Mais l'inertie du MRP peut entraîner des difficultés à adapter le plan de production à cette évolution ; on risque alors de produire ce que ne demande plus le marché et de ne pas produire ce

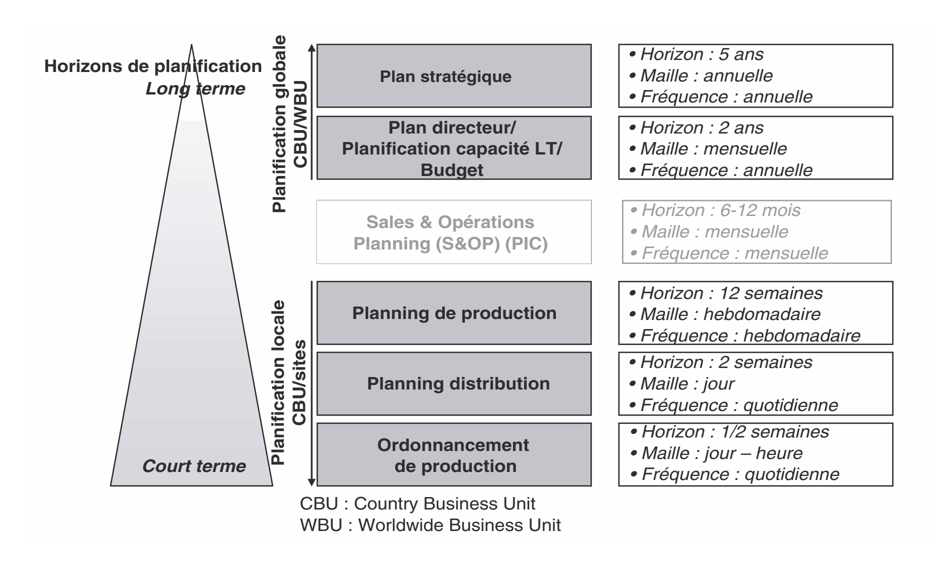


Figure 8.6 – Processus de planification sous forme de pyramide hiérarchisée.

qu'il demande désormais. Avec l'accélération du marketing, c'est ce qui a tendance à se produire ces dernières années et la réaction des industriels s'est alors portée dans trois sens : soit mettre en place des systèmes ayant des délais d'adaptation plus rapides au niveau de l'outil de production de par sa plus grande flexibilité et au niveau de la transmission de l'information (le *kanban*), soit tenter de réduire l'inertie du système avec des progiciels plus souples et des procédures plus rapides, soit par la mise en place de processus transversaux associant les fonctions du *Supply Side* (achat, approvisionnement et production) et du *Demand Side* (marketing, ventes) du type *S&OP (Sales & Operations Planning)* pour s'assurer d'un engagement partagé entre ces fonctions sur un même objectif de satisfaction client et de minimisation des coûts de production. La performance de la planification de production se trouve ainsi améliorée par une fiabilisation de l'input majeur qu'est la prévision de la demande.

De plus, le processus de planification tel qu'il a été décrit se reproduit sous forme de pyramide hiérarchisée en appliquant le même schéma comme le montre la figure 8.6 construite à partir de plusieurs référentiels de planification de production.

8.4 Une approche par les stocks : le *kanban*

8.4.1 Principes

Le *kanban* est présenté par la plupart de ses promoteurs comme une méthode de réduction drastique des stocks pour conduire l'entreprise vers un mythique « zéro-stock ». En réalité, le *kanban* est un système simplifié de gestion des stocks amont de chaque poste de travail grâce à des étiquettes, les « *kanban* », attachées à chaque container ou palette de pièces. Lorsqu'un container est

plein, une étiquette (*kanban*) lui est attachée. Dès qu'un poste de travail entame un container, l'étiquette est retournée au poste de fabrication des éléments du container. Lorsque celui-ci aura rempli à nouveau un container, il attachera une étiquette disponible (après retour) à ce container. On n'aura donc jamais plus d'éléments dans le circuit que le nombre de *kanban* multiplié par le nombre d'éléments par *kanban*, plus éventuellement un container entamé.

La difficulté est qu'il existe beaucoup de versions différentes du système *kanban* dont les principes de gestion peuvent être assez différents et qui ne s'accommodent pas des mêmes contraintes de production. Il peut être utilisé sous divers noms comme par exemple RECOR (remplacement des consommations réelles) chez PSA.

On peut donc avoir intérêt à distinguer ses différentes modalités en allant des plus simples aux plus compliquées.

■ Système *kanban* sans série économique ni seuil de réapprovisionnement entre deux postes de travail successifs

On fixe pour chaque poste de travail et pour chaque pièce qu'il utilise, un certain nombre de containers ou palettes de pièces qui vont constituer son en-cours permanent, par exemple 6 containers de 10 pièces de tel type. Ces pièces sont fabriquées sur un autre poste de travail amont (qui peut même être extérieur à l'usine). Le principe est que ce poste de fabrication amont sait en permanence combien de ces containers sont vides (pièces déjà utilisées par le poste aval) et combien sont pleins, qu'ils soient en cours de transport du poste amont au poste aval ou en attente d'utilisation au poste aval. Il peut le savoir facilement

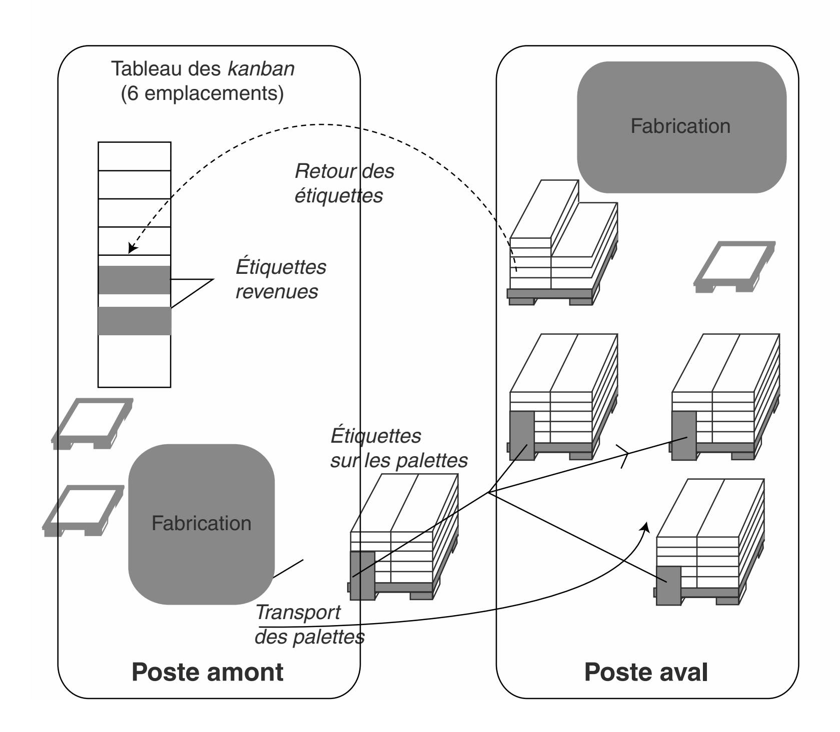


Figure 8.7 – Exemple de situation pour le système *kanban*.

si le poste amont attache à chaque container plein une étiquette permanente puis si le poste aval enlève cette étiquette dés qu'il commence à utiliser un container et la renvoie immédiatement ou à fréquence rapprochée au poste amont. Ce sont ces étiquettes qu'on appelle des *kanban*. Celui-ci tient alors un tableau (figure 8.6) avec dans notre exemple 6 cases, une par container, qui vont recevoir les étiquettes en retour du poste aval. Si à un moment donné, 2 cases contiennent une étiquette, cela signifie que entre le poste amont et aval il existe seulement 4 containers pleins. Le poste amont sait donc qu'il doit fabriquer 20 pièces, soit 2 containers, suffisamment tôt pour que le poste aval ne soit pas en rupture de stock et ne doive arrêter son travail faute de pièces.

Il n'y aura jamais plus de 60 pièces en en-cours au maximum et si le poste aval arrête d'utiliser ces pièces, le poste amont arrêtera d'en fabriquer. On a supposé dans cet exemple que le poste amont peut lancer la fabrication de 10 pièces, soit une palette, à n'importe quel moment sans souci de réglage de machines. Il a déjà pris un peu de retard, mais ce stock d'en-cours sert justement à lui donner le temps d'organiser sa production. En effet, le plus souvent le poste amont ne fabriquera pas une seule pièce mais plusieurs types de pièces pour un ou plusieurs postes de travail aval et il doit tenir à jour non pas un seul tableau des kanban mais autant de tableaux qu'il peut avoir de pièces à fabriquer. Il décide donc de lancer ses productions pour que les postes aval soient toujours alimentés.

On peut avoir autant de containers ou de palettes qu'on le désire de façon à rationaliser les transports de containers vides, mais l'on n'aura que 6 kanban dans cet exemple. Dans certains cas, les containers servent d'étiquette et l'on pourrait se contenter ici de 6 containers, mais il faudrait s'arranger pour qu'un container soit vidé dès qu'on l'entame et retourné aussitôt (ou suffisamment vite) au poste amont.

■ Généralisation à l'usine toute entière et au-delà

Bien entendu le poste aval sera le plus souvent le poste amont d'un ou plusieurs autres postes et il devra lui aussi tenir à jour son tableau des kanban pour gérer sa production. Le poste le plus aval est le magasin d'expédition des produits finis. En théorie, on peut supposer que ce magasin, au fur et à mesure qu'il reçoit des commandes, les expédie et envoie les kanban correspondants à ces palettes (ou containers ou unités) aux postes de fabrication extrêmes qui fabriquent (ou emballent) les produits finis (figure 8.8).

À l'autre extrémité de la chaîne, les sous-traitants et fournisseurs de composants peuvent travailler de la même façon. On parle alors de fabrication synchrone.

■ Système kanban sans étiquettes

Le système des étiquettes est simple. Il oblige cependant à déplacer des étiquettes entre les postes en permanence ou au moins avec une périodicité fréquente. On peut le remplacer par un système informatique ayant les mêmes caractéristiques. Il suffit que l'opérateur du poste aval fasse sur son terminal la transaction de transfert de l'étiquette virtuelle chaque fois qu'il entame un container avec éventuellement un système de lecture optique. Les tableaux des kanban seront tenus sur un écran d'ordinateur. On peut penser que le recours systématique aux étiquettes traduit en partie une certaine réticence qu'éprouvent beaucoup de japonais à utiliser l'informatique de gestion.

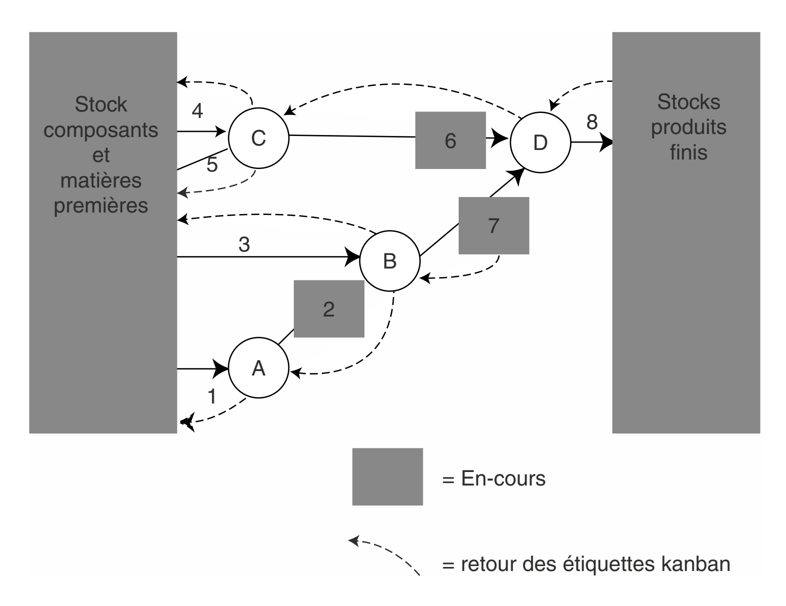


Figure 8.8 – Exemple simplifié d'un atelier monoproduit avec kanban.

■ Système kanban avec séries économiques et seuil de réapprovisionnement

La détermination du nombre de kanban théoriquement nécessaire est traditionnellement donnée par la formule :

$$n = \frac{(d \times c) + s}{t}$$

où n est le nombre de kanban nécessaires, d le délai de production et de transfert d'un container (en heures ou jours) et le délai de retour du kanban au poste amont, c le besoin du poste aval en pièces par unité de temps (heure ou jour), s un certain stock de sécurité en nombre de pièces et t le nombre de pièces par container.

La difficulté est que cette formule repose sur une confusion avec la gestion des stocks classique où le délai de réapprovisionnement est presque toujours le même, quelle que soit la commande passée[1]. C'est le principe classique du réapprovisionnement d'un stock sur point de commande pour lequel le point de commande doit correspondre à la quantité consommée pendant le temps qui s'écoule entre une commande et sa livraison. Ici il est évident que le temps pour produire un container n'est pas le même que le temps nécessaire pour en produire quatre.

Dans l'exemple précédent, on peut considérer que la détermination théorique du nombre de kanban nécessaires dépend du temps nécessaire pour que le poste aval obtienne une pièce après transfert de l'étiquette, mise en fabrication et transport, soit 2 heures en moyenne. Elle dépend aussi de la consommation

1. On a vu au chapitre 3 que ce n'était pas toujours vrai même si ceci est à la base de la détermination du point de commande de la plupart des progiciels de gestion des stocks.

moyenne du poste aval pendant ce temps, soit par exemple 20 pièces à l'heure en moyenne. Si 2 kanban sont retournés au poste amont et s'il ne reste donc plus dans le circuit que quatre containers pleins, il est impératif que le poste amont lance une fabrication qui arrivera en moyenne dans 2 heures au poste aval qui aura consommé d'ici là 40 pièces, soit le contenu des 4 containers pleins. Il faut donc un minimum de 4 kanban si le poste amont lance une fabrication dés qu'une étiquette revient. Si ce n'est pas le cas, si la quantité consommée par le poste aval peut être supérieure à la moyenne, si certaines pièces fabriquées peuvent être rebutées pour défaut de qualité, si le poste amont peut tomber en panne, si n'importe quel autre événement peut perturber la livraison, alors il faut faire comme pour tous les stocks, prévoir d'ajouter un stock de sécurité et c'est ce qui a été fait en prévoyant 6 kanban et non pas 2.

Sur le schéma de la figure 8.9, le poste amont fabrique les pièces par 4 containers sauf dans un cas où, ayant pris du retard, il en a fabriqué 5.

Mais ce raisonnement suppose que l'on produise toujours 4 containers à chaque fois. Si l'on n'en produisait que 2, le délai *d* serait peut être de 1 heure 1/4 et le nombre de kanban nécessaires deviendrait :

$$\frac{(20 \times 1,25) + 20}{10} = 4,5$$

soit 5 kanban au lieu de 6.

On observera cependant que, assez souvent, le poste amont ne fabrique pas qu'une seule pièce et pas pour un seul poste aval. Il gère donc un tableau des kanban avec autant de colonnes que de pièces qu'il est susceptible de fabri-

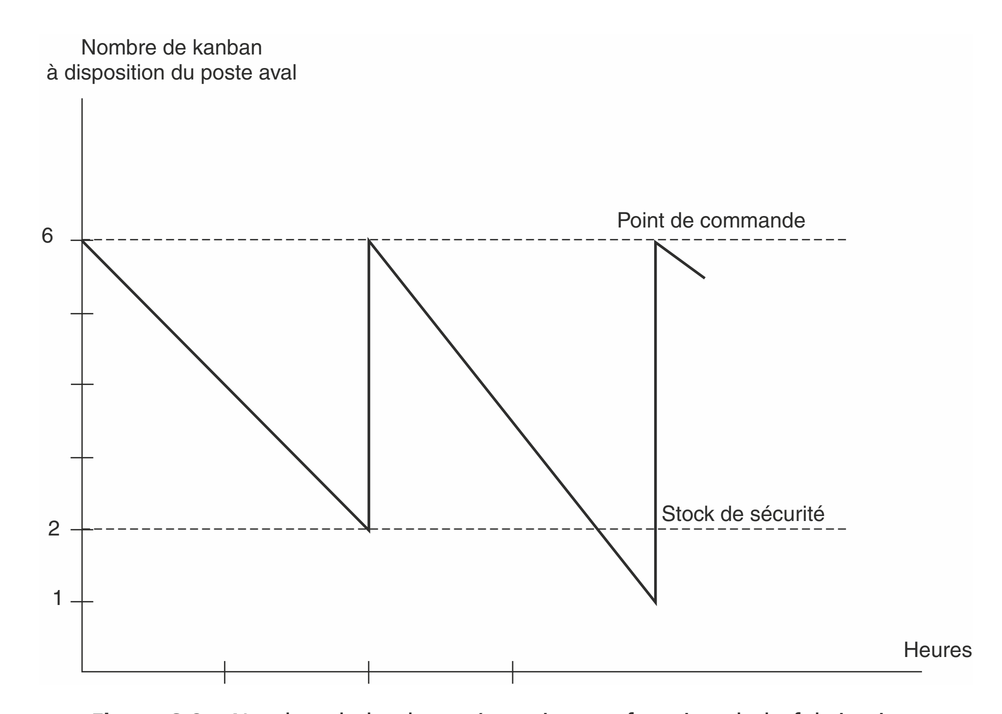


Figure 8.9 – Nombre de kanban nécessaires en fonction de la fabrication.

quer pour un poste aval. Il doit donc en permanence faire des choix pour lancer une fabrication plutôt qu'une autre. Par exemple s'il constate qu'il y a deux kanban revenus et qu'il ne reste donc plus que 4 kanban pleins dans le circuit, il doit lancer immédiatement la fabrication de cet article, sauf si l'on sait que le poste aval n'utilise pas cet article en ce moment.

Mais pour lancer une production, il doit changer d'outillage ou procéder à des réglages et cela prend du temps. On verra qu'un des efforts importants de l'École de Toyota, à l'origine du kanban, a été la réduction des temps de changement de production (le SMED). Le plus souvent cependant le changement d'outillage ou de format prend un temps non négligeable et l'on a intérêt à ne pas produire des séries trop petites qui feraient perdre beaucoup de temps et réduiraient fortement la productivité. Le principe du kanban reste alors le même, mais l'on va devoir tenir compte de cette série pour déterminer le nombre de kanban à utiliser. Si par exemple, dans l'exemple précédent, on admet que le poste amont ne doit pas produire des séries inférieures à 100 pièces et que la production et le transfert de ces pièces prennent 4 heures 30, il faudra un nombre de kanban de

$$\frac{(20 \text{ x } (4,5)) + 20}{10} = 11$$

Les praticiens du kanban cependant se fient moins à ce type de calcul qu'à une détermination empirique de ce qui leur paraît nécessaire et une adaptation progressive du nombre des kanban en fonction des résultats.

■ Double kanban

Production et transfert ne se déroulent pas toujours de la même façon : la production sera effectuée quand on en aura besoin alors que le transfert peut s'opérer à heure fixe, particulièrement lorsqu'il s'agit d'un transfert depuis une autre usine. On distingue alors des kanban de transport et des kanban de fabrication qui peuvent avoir des modalités différentes.

8.4.2 Avantages et inconvénients du système kanban

L'intérêt d'un tel système est multiple :

– il permet de gérer l'ordonnancement des fabrications sans faire de prévisions. Les flux sont « tirés » par la demande et la production s'adapte automatiquement ;

– il permet de ne pas produire des pièces qui ne sont pas nécessaires. S'il n'y a pas de demande, il n'y a pas de production ;

– les stocks d'en-cours sont égaux à la totalité des kanban prévus mais ne peuvent aller au-delà, le système est donc auto-régule. Chaque fois que l'on réduit le temps de changement de production et que l'on peut donc diminuer une série économique, on en mesure la répercussion sur le kanban correspondant que l'on peut réduire. On peut aussi réduire la taille des containers pour avoir un flux plus régulier et donc des en-cours plus faibles.

Le système kanban ne permet pas en tant que tel de lancer les travaux. Si les commandes des clients arrivent au jour le jour pour une réalisation immédiate ou si elles doivent être servies dans un délai court et constant (en deux jours par exemple) et s'il n'y a pas de variations importantes (écart-type faible et pas de variations saisonnières), on peut lancer les travaux au fur et à mesure que

les commandes arrivent. Dans tous les autres cas, qui en représentent cependant la majorité, il faut périodiquement évaluer la charge et lancer les travaux en fonction des dates de livraison demandées. Il serait stupide de laisser un atelier chômer au nom du juste-à-temps alors que l'on sait que la semaine suivante, il ne pourra réaliser tout ce qu'il doit livrer. Le kanban ne dispense donc pas le plus souvent d'établir des plans directeurs et de vérifier les niveaux de charge.

Une fois une tâche lancée en système kanban, on commence à produire immédiatement puisque le dernier poste de travail peut commencer à produire à partir de ses containers de sous-ensembles. Au contraire, dans un système de MRP on ne peut commencer à produire que lorsque les sous-ensembles du dernier poste de travail de la chaîne de production ont été produits, eux-mêmes après que ceux des postes précédents aient été produits, etc. La difficulté en système kanban n'est pas de commencer à produire mais de continuer. En effet si le flux de production sur poste de travail amont est plus faible que celui du poste de travail aval, le poste de travail aval cesse de produire lorsqu'il a progressivement épuisé ses kanban. Par exemple si le poste de travail aval consomme 10 pièces à l'heure et si le poste amont produit 5 pièces à l'heure, il y a un déficit de 5 pièces à l'heure qui se traduit par exemple par un arrêt du poste aval au bout de 4 heures si le total des pièces en containers est de 20. En MRP, rien n'empêche de produire à l'avance les pièces nécessaires même si cela demande plus de temps sur un poste amont que sur un poste aval. En système kanban, la chaîne de production doit donc être équilibrée si l'on ne veut pas avoir trop de souci sur le délai de production ; ce sera le plus souvent le cas d'une ligne d'assemblage même s'il faut constituer à l'avance des stocks de certaines pièces que l'on ne sait pas produire en juste-à-temps avec des délais raisonnables.

Il est évident que le système kanban demande une certaine régularité de la production et donc de la demande. Si la charge des machines subit des à-coups, certains postes de production seront inactifs faute de commandes pendant une partie du temps et ne pourront suffire aux besoins pendant une autre partie du temps. La consommation moyenne n'a plus grand sens et le nombre de kanban correspond plus souvent à la consommation maximale du poste aval. L'importance des en-cours tend à croître. Il faut programmer ces « à-coups » en créant par exemple des kanban de prévoyance qui serviront à accumuler des pièces en attente d'une utilisation ultérieure. Il va de soi qu'il faut ensuite retirer du circuit des kanban exceptionnels, mais cela revient à faire des prévisions et l'on est ainsi amené à concilier GPAO et kanban.

Le kanban consiste d'une certaine façon à attendre d'avoir besoin d'un élément pour le fabriquer ; c'est l'application du principe de base du juste-à-temps. Mais lorsqu'on attend le dernier moment, on est évidemment à la merci de tout incident. Une panne d'une seule machine provoque un retard de toute la production. On s'en explique en général en affirmant qu'il vaut mieux accepter les conséquences d'une telle panne pour faire en sorte qu'elle ne se produise pas, plutôt que de s'en protéger par un stock qui épargnera les efforts nécessaires pour éviter les pannes. Il n'empêche que toutes les opérations deviennent ainsi critiques. Il vaut peut être mieux garder en permanence un « pied de pilote » comme disent les marins (le « pied de pilote » est cette profondeur d'un pied qu'un pilote ajoutait à ses calculs de marée pour déterminer si un

bâtiment pouvait passer sur tel seuil à telle heure de la marée compte tenu de son tirant d'eau). Rien n'interdit de produire un peu plus tôt de façon à pouvoir remédier aux conséquences d'une panne éventuelle et de faire en sorte que la panne, si elle se réalise, ne se reproduise plus par la suite. Nul n'est obligé de sauter en parachute sans ventral pour améliorer à moyen terme la fiabilité des parachutes ni, ce qui revient au même pour l'entreprise, de perdre des clients pour prendre les problèmes de disponibilité au sérieux.

8.5 Les autres approches de gestion de production

On peut être conduit à passer dans la même journée des flux poussés aux flux tirés. Ainsi dans la production de produits frais va-t-on produire d'abord une certaine quantité à partir de prévisions, constituant ainsi une sorte de stock tampon que l'on ramènera à zéro en fin de journée. Au fur et à mesure que les commandes arrivent, on passe d'un flux poussé à un flux tiré par les commandes en s'efforçant de réduire progressivement le stock.

L'utilisation du kanban n'évite pas de devoir faire des prévisions pour ajuster prévisionellement les charges et passer des commandes aux fournisseurs qui ne sont pas en juste-à-temps.

On a vu d'autre part (B.8.2.2) que l'on pouvait réduire très sensiblement les délais en faisant se chevaucher sur plusieurs postes un même lot de production, ce qui n'est pas incompatible avec le MRP.

Il est donc le plus souvent nécessaire d'adapter les méthodes aux nécessités de chaque type de production. On verra donc ici deux méthodes de gestion de production moins répandues à travers l'industrie que le MRP et le kanban et l'exemple de l'application des principes de la gestion de production au secteur industriel qui s'est le plus efforcé d'améliorer ses méthodes en ce domaine : la fabrication automobile.

8.5.1 Méthode OPT

La méthode OPT (*Optimized Production Technology*) est un classique des ouvrages de gestion de production, même si elle est relativement peu utilisée. Elle a été en effet mise en place à partir d'un progiciel original mais peu répandu[1] dont la promotion a été assurée par le remarquable roman de Elie Goldratt, *Le But*, qui propose 9 règles pour remédier aux différents problèmes soulevés par le MRP. En toute rigueur, le sigle OPT est une marque de la société STG. qui diffuse le progiciel de ce nom. On parle aussi de TOC (*Theory Of Constraints*), de MPC (management par les contraintes) ou encore de DBR (*Drum Buffer Rope*) (Bironneau, 1996).

La méthode part de cette observation que, pour toute production, certaines tâches sont sur le chemin critique, au sens du PERT, et d'autres pas. On dit qu'une tâche est sur le chemin critique lorsque tout retard dans son exécution entraîne un retard dans la livraison à date du produit, ce qui signifie qu'il n'y a pas de délai entre la date au plus tôt et la date au plus tard du lancement

1. On peut considérer que ce progiciel n'est pratiquement plus utilisé aujourd'hui (Bironneau, 1996).

de cette tâche. On parle aussi souvent de « machines critiques » pour désigner des machines qui se trouvent habituellement sur le chemin critique de la production, mais avec la diversification des productions, les machines critiques ont tendance à changer en fonction des productions.

Il en résulte que toute heure perdue pendant une tâche critique est une heure de retard de la production.

Réciproquement on observe que toute production effectuée sans nécessité de production aboutit à stocker un en-cours ou un produit inutile. Or c'est ce que fait souvent la maîtrise qui a traditionnellement tendance à ne pas laisser inactif un opérateur ou une machine.

Attendre la fin d'un lot pour entreprendre une tâche suivante est une perte de temps comme on l'a vu (B.8.2.2) et d'autre part rien n'interdit de faire des lots variables en taille selon les besoins des différents postes de production.

Quoi qu'on fasse, il y a toujours des retards dans certaines tâches – ne serait-ce que les pannes de machine. Il est donc inutile de vouloir équilibrer une usine puisque tout retard sur un poste devient alors irrattrapable. En revanche, il faut s'attacher à repérer les retards et chercher à les rattraper.

On constituera donc, en amont et en aval de la ressource critique, des stocks tampons et l'on alimente le premier poste de travail de la chaîne de production au même rythme que la machine critique consomme les ressources de son tampon amont.

La méthode OPT ne doit pas faire oublier qu'il existe une autre façon de remédier aux goulots d'étranglement qui est d'éviter les retards eux-mêmes quelle que soit leur origine (panne, mises au point, micro-arrêts, ralentissements, défauts de qualité, etc.) en faisant en sorte que le TRS (taux de rendement synthétique) de chaque machine soit le plus voisin possible de 1. C'est ce que nous verrons au chapitre 11 avec la TPM (*Total Productive Maintenance* ou en français management productif total).

8.5.2 Exemple de l'industrie automobile

L'industrie automobile tient une place à part dans le monde industriel d'abord par son importance économique et la compétition que se livrent les différentes marques au niveau international du fait d'une surcapacité permanente. Il en résulte que c'est le domaine où se sont développés la plupart des concepts de logistique industrielle de flux et de soutien de ces vingt dernières années, particulièrement sous l'influence de Toyota[1] : juste-à-temps, kanban, SMED, AMDEC, TPM, TQC, etc. Cette évolution est loin d'être terminée et en 1999, Toyota a une fois encore bousculé le secteur automobile en lançant son programme de construction et mise à disposition d'un véhicule en cinq jours ouvrables à compter de la commande du client. Le renouvellement rapide des modèles et donc des processus de montage facilite la vulgarisation de nouvelles techniques aussi bien dans la conception des lignes que dans les modes d'organisation du travail (nouvelles organisations avec moins de niveaux

1. On notera d'ailleurs qu'en France la construction automobile a fait très largement appel à des spécialistes japonais de l'École de Toyota et a multiplié les missions d'étude au Japon. Ainsi en 1980, Citroën a engagé comme conseiller pour 6 ans l'un des plus connus de ses représentants, M. Shingo.

B

LOGISTIQUE DES FLUX ET DES STOCKS

hiérarchiques, automaintenance, cercles de qualité ou de progrès, *kaisen*, etc.). C'est toujours dans le secteur de l'automobile que l'on a vu se développer les nouveaux rapports entre industriels et sous-traitants ou fournisseurs avec le juste-à-temps synchrone, l'EDI (échange de données informatiques), les procédures de qualification, le partenariat industriel à partir d'organisations spécifiques comme l'AIAG aux États-Unis ou GALIA en France.

La fabrication automobile rassemble la plupart des techniques industrielles depuis la sidérurgie (fabrication de tôles, de ressort, etc.), la plasturgie (fabrication de tableaux de bord, de pare-chocs, de réservoirs, de tuyaux, etc.), l'industrie du caoutchouc, la sellerie, la forge, la fonderie, l'électronique de plus en plus importante, la câblerie électrique, les fournitures spécialisées de toute sorte telles qu'accumulateurs, plaquettes de freins, carburateurs, visserie, etc. et enfin la fabrication de moteurs et le montage des véhicules (figure 8.9).

L'usine de montage automobile est particulièrement typique de ce secteur industriel[1]. Une usine moyenne produisant de 1 000 à 1 400 véhicules jour travaille avec environ 1 500 opérateurs, en deux postes de 7 h 30 environ 220 jours par an avec 2 chaînes d'assemblage de 1 000 à 1 500 mètres chacune à 200 pas environ par chaîne pour un ou deux modèles de gamme. L'automatisation (automates et robots) a particulièrement porté sur l'emboutissage, la peinture, la soudure et, sur la chaîne, le poste tableau de bord, la mise en place moteur, les trains, la pose des glaces, les garnitures pavillons, etc. 5 à 6 000 références sont utilisées en chaîne d'assemblage, fournies par environ 350 fournisseurs avec 250 à 300 déchargements de camions par jour sur 25

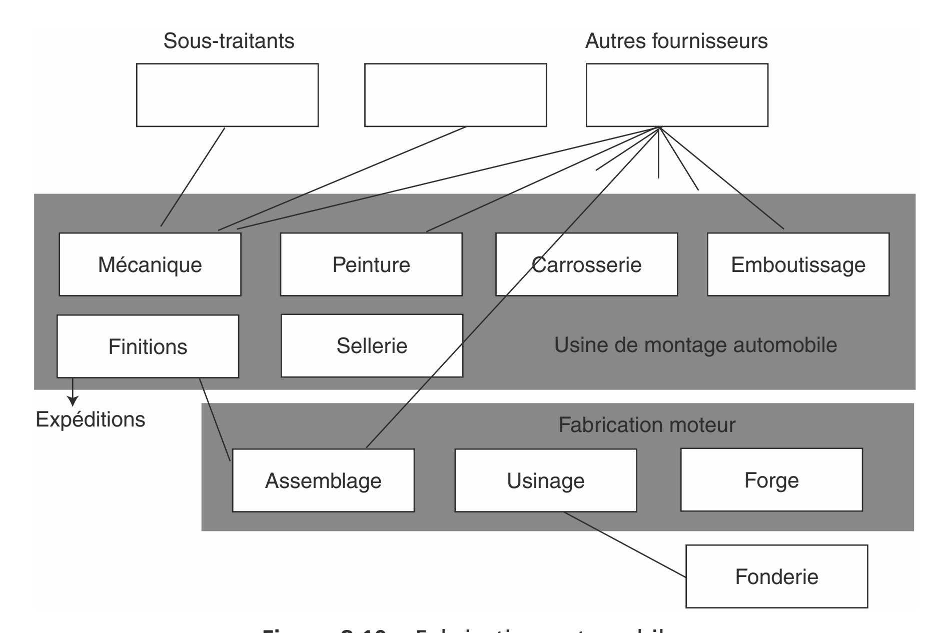


Figure 8.10 – Fabrication automobile.

1. Nous empruntons à Productilog la description un peu ancienne mais toujours valable d'une usine type d'assemblage automobile.

à 30 postes de déchargement, le retour des bacs vides étant assuré par environ cinquante camions par jour.

Traditionnellement (jusqu'à la fin des années 1970), les pièces et composants nécessaires étaient approvisionnés, chaque mois ou chaque semaine, à partir d'un programme prévisionnel de fabrication. Les pièces réceptionnées à l'usine étaient contrôlées puis stockées dans un magasin. Des changements d'emballage et reconditionnements étaient souvent effectués avant mise à disposition des chaînes selon des réquisitions journalières. Les fournisseurs extérieurs livraient à partir de stocks de produits finis régulés à partir de commandes fermes mensuelles ou hebdomadaires. Ces commandes étaient établies à partir de calculs MRP1 classiques et l'on cherchait ensuite à optimiser les transports.

L'usine fournissait ainsi un stock central de voitures neuves permettant de répondre aux commandes des concessionnaires. Cependant pour établir ces programmes de montage, les fabricants disposaient environ un mois à l'avance des commandes hebdomadaires des concessionnaires. Il était donc possible d'effectuer une partie des tâches de montage en MRP à partir des besoins exprimés complétés par des prévisions. Pour les tâches les plus en amont et aussi les plus longues (forges, fonderies et fournisseurs extérieurs), il fallait donc commander à la semaine ou au mois en fonction uniquement de prévisions. La limite entre les tâches aval effectuées à partir des besoins des concessionnaires et les tâches aval effectuées uniquement à partir de prévisions était appelée chez PSA, la « barre verte ». C'est là qu'apparaissaient le plus souvent les dysfonctionnements dues aux erreurs de prévision.

Le moteur principal de l'évolution a été la multiplication des options proposées (carburants, moteurs, couleurs, sellerie, accessoires, etc.). Pour un constructeur automobile, il est commun que des milliers de versions ne soient produites qu'à un seul exemplaire et le modèle correspondant à la meilleure vente ne se soit vendu qu'à quelques milliers d'exemplaires.

Il en est résulté :

– la suppression du stock central de voitures faute de pouvoir répondre aux besoins trop diversifiés des clients et surtout afin de limiter les stocks coûteux et dangereux dans le cas fréquent d'un ralentissement de la demande ou à la suite de mauvaises prévisions par titre ;

– le raccourcissement des délais de commande car les clients, voulant des modèles très spécifiques ne correspondant plus au stock du concessionnaire, ne voulaient pas non plus attendre un mois pour obtenir ce modèle.

Les concessionnaires ont continué d'envoyer des prévisions de besoins mensuels mais seulement par famille, carburant (diesel ou essence), pays, prévisions complétées plus tardivement (une à deux semaines) par une spécification des modèles exacts à livrer, ce qui peut laisser une semaine ou moins pour fabriquer en MRP, y compris chez les fournisseurs les plus proches. Ce programme de fabrication se traduit par ce qu'on appelle parfois le « film véhicule » qui est l'enchaînement logique pour une à deux semaines des véhicules le long de la chaîne pour optimiser la production (en fonction du temps nécessaire à chaque poste de travail pour chaque type de véhicule). Des méthodes de simulation mathématiques permettent de rationaliser cette préparation des flux de fabrication. D'autre part, on essaie de faire en sorte que les concessionnaires vendent les produits fabriqués plutôt que ceux dont on ne dispose pas actuellement.

Au-delà, on tend désormais à travailler par kanban à partir des consommations des postes précédents. La logistique devient alors un mélange de flux tirés (en amont) et de flux poussés, ou plus exactement en MRP2, en aval.

L'approvisionnement des différents postes de montage se fait désormais aussi bien en ce qui concerne les fournisseurs extérieurs que les postes périphériques de la ligne de montage :

– soit par appel multiquotidien d'un camion complet à partir d'un film prévisionnel ;

– soit en synchrone (le plus souvent par pièce) où le déclenchement de l'appel est provoqué par l'entrée d'un véhicule en chaîne ou son passage en un point particulier ;

– soit en kanban tenant compte des besoins maximaux de consommation sur un poste de travail ;

– soit par appels quotidiens ou hebdomadaires pour les quantités trop petites pour réaliser des transports raisonnables avec une plus grande fréquence. Ces appels peuvent être effectués par des collectes afin d'optimiser les transports. On trouve chez Citroën, qui a créé à Lyon un centre de regroupement de livraison pour approvisionner les différentes usines françaises, le système SPARTE (système de programmation d'approvisionnement rationnel, technique et économique) pour une livraison à J + 5.

Tout ceci se traduit par un nombre beaucoup plus important de réquisitions. Les livraisons doivent être autant que possible « directes » depuis l'entrée de l'usine jusqu'au poste de travail sans passage par un magasin, sinon un magasin avancé du fournisseur. La réception se fait en quantité et la certification des fournisseurs évite de pratiquer un contrôle systématique de la qualité. Les emballages sont standardisés pour que chacun d'entre eux corresponde à un nombre donné d'heures de travail sur un poste et sont préparés chaque fois que possible chez le fournisseur pour éviter des opérations de reconditionnement ; les étiquettes sont normalisées avec lecture par codes à barre selon une normalisation ODETTE/GALIA et les échanges d'informations se font à travers des messages standardisés (D.17.4.1).

Un dernier phénomène est la modification de l'architecture même des usines pour répondre aux besoins de la logistique sur les postes. Ce phénomène est lent car les usines automobiles sont anciennes, mais il devrait s'accentuer avec la construction de nouvelles usines dans de nouveaux pays producteurs. L'idée est de faciliter l'accès aux différents postes de la ligne de montage en construisant cette ligne en U successifs un peu comme une ligne de réception de bagages d'un grand aéroport[1]. Les postes de déchargement des camions très nombreux se trouvent alors à proximité des postes de travail à l'exception d'un centre de préparation logistique qui rassemble des fournitures de fournisseurs différents, réceptionne les commandes trop petites pour être synchrones et les conditionne éventuellement pour des besoins de la production.

Depuis une dizaine d'années, certains constructeurs ont développé des parcs industriels à proximité de leurs usines et ils invitent leurs partenaires à s'y installer, au moins ceux qui fabriquent des sous-ensembles volumineux. Une

1. Cette conception en U de la ligne de montage est tout à fait différente de la conception en U du poste de travail recommandée pour faciliter la polyvalence du personnel et faciliter les communications entre opérateurs.

usine de Ford en Espagne a même mis en place des convoyeurs automatiques entre le parc industriel et l'usine produisant la Smart a pris la configuration d'un village industriel regroupant les équipementiers.

8.6 Comment améliorer la gestion des flux de production ?

8.6.1 SMED et flexibilité générale des ateliers

Une grande partie des efforts de la GPAO consiste à constituer des lots homogènes à produire, minimisant les temps de changement d'outillage ou d'adaptation à de nouveaux formats. On a vu que, si le temps de changement d'un outillage est de 100 minutes, ce temps s'imputera pour 1 minute sur chaque article si on n'en produit que 100 et pour 6 secondes seulement si on en produit 1 000. Mais il existe une deuxième voie à l'amélioration de la productivité-machine et donc à la diminution corrélative des coûts : c'est de diminuer les temps de changement de production. Si l'on n'en produit que 100, mais avec un temps de changement de production de 10 minutes, on revient avec une série beaucoup plus faible au même temps de production. Mieux encore, si on réduit ce temps de changement de production jusqu'à arriver à changer de production en appuyant sur un bouton, l'on n'aura plus à se préoccuper de produire des séries économiques et l'on aura résolu une bonne partie des problèmes de planification de la production. On pourra particulièrement utiliser le kanban avec un maximum d'efficacité.

L'idée appartient à l'École de Toyota et à M. Singeo Shingo (1988) qui s'en est fait le promoteur. On constate en effet que, si la productivité des postes de travail a donné lieu à des améliorations importantes d'abord par des études et améliorations des procédures de poste puis, ces dernières années, par automatisation, on ne s'est le plus souvent que peu préoccupé de ces temps de changement de production. Or l'expérience commune montre qu'il est relativement simple de les réduire de façon très importante en mettant en œuvre des méthodes d'organisation qui ont fait leur preuve en d'autres temps sur les postes de travail :

– analyse du travail de changement de production soit par observations simples, soit par prises de vue ;

– séparation des tâches qui doivent impérativement être effectuées la machine arrêtée, des tâches qui peuvent se préparer à l'avance sans arrêter la machine ;

– analyse des possibilités de réduction des temps d'opération pour les tâches élémentaires et particulièrement pour celles qui ne peuvent se faire que la machine arrêtée : par exemple remplacer les fixations et les réglages (visser et dévisser, vérifier un positionnement, etc.) par des positions standardisées accessibles au moyen d'un simple geste, standardisation des interventions en minimisant les temps d'opération, etc. ;

– réalisation en simultanéité de tâches qui doivent se faire machine arrêtée par exemple en utilisant plusieurs opérateurs dans le même temps.

Toutes ces méthodes sont appelées SMED dans l'École de Toyota, soit *Single Minute Exchange Die* (changement d'un outil en un nombre de minutes à un seul chiffre). On peut ainsi espérer réduire à moins de dix minutes des opérations couramment effectuées en plusieurs heures. L'objectif ultime reste alors le système OTED (*One Touch Exchange Die*), soit changement d'outil presse-bouton.

Le SMED constitue un des points clefs du juste-à-temps. En effet, il ne sert à rien de mettre en place une méthode comme le kanban si l'on doit continuer à produire des séries économiques importantes. On ne fera qu'augmenter inconsidérément les stocks d'en-cours en les baptisant « kanban ». Mais l'on peut remarquer que le SMED est finalement un moyen d'augmenter la flexibilité de l'atelier. Or c'est bien là qu'est le cœur du problème. Le juste-à-temps consiste à ne produire que lorsque les besoins de la commercialisation le demandent et à produire autant qu'il est alors demandé. La capacité de production d'une entreprise est bien entendu une contrainte, mais cette contrainte, peut être réduite sensiblement par une recherche systématique de flexibilité.

On peut envisager de modifier les temps de production des équipements, soit en arrêtant la production lorsque le besoin n'en apparaît pas, soit en augmentant les temps de production lorsque c'est nécessaire. L'augmentation des cadences n'est pas nécessairement une bonne solution car elle se traduit souvent par une augmentation des pannes ou des défauts de qualité lorsqu'on dépasse la vitesse normalisée. Lorsqu'on mesure le taux de rendement synthétique d'une machine, on a tendance à considérer, comme temps de production de référence, le temps d'ouverture de la machine ; un certain nombre de consultants proposent d'établir le premier ratio : « temps utile de production / (24 heures x 365 jours par an) ». On mesure alors la productivité absolue de la machine et un ratio de 0,8 sur une durée de 8 heures, 252 jours par an, devient alors 0,18. On mesure la réserve de productivité dont on dispose à condition de régler les problèmes (coûteux) d'heures supplémentaires ou d'organisation différente des équipes, d'insertion de la maintenance préventive dans les tranches d'inactivité, amélioration de la disponibilité, de la qualité, etc. Le plus souvent une telle politique demande une plus grande polyvalence du personnel, ce qui n'est pas nécessairement le problème le plus simple à résoudre.

8.6.2 Diminution des manutentions

On a vu, dans l'exemple du montage automobile, la possibilité de livrer directement jusqu'à proximité du poste de travail les fournitures nécessaires. C'est une optimisation importante de la manutention en évitant le passage par un magasin central. On peut considérer que la ligne de montage elle-même a été conçue pour optimiser la manutention, mais ce n'est pas le cas dans les entreprises qui fabriquent des produits multiples à travers des ateliers spécialisés.

Souvent les ateliers sont conçus selon une spécialisation technique et comptable de telle sorte que le bien en cours de production va effectuer à travers les ateliers un long parcours en zigzag en fonction de son programme de fabrication. Le bon sens commande de rapprocher les machines qui concourent à la production d'un même bien de façon à constituer une sorte de ligne de production comme une ligne de montage automobile. Bien entendu, il peut y

avoir des variations selon les produits fabriqués, mais l'on doit s'efforcer de minimiser les trajets moyens.

Les constructeurs automobiles se benchmarkent entre autres sur le nombre de mètres parcourus pour un opérateur donné le long de la chaîne d'assemblage. Il n'est pas rare de trouver des écarts de 50 % entre Toyota et ses concurrents ce qui procure à Toyota un véritable avantage concurrentiel en termes d'économies de temps, de délai d'écoulement, de diminution des surfaces nécessaires et donc de niveau d'investissement et de productivité globale et enfin de coût de revient industriel.

8.6.3 Technologies de groupe

Les technologies de groupe sont une méthode de rationalisation de la conception des pièces en les classant en fonction de leurs caractéristiques techniques et de fabrication de façon à diminuer les temps d'étude, les différences entre gammes, les temps de réglage et de changement d'outils. Il en résulte en outre normalement une simplification de l'ordonnancement et de plus grandes facilités pour organiser la production en lignes de produits voisins.

La méthode repose sur une codification des pièces dans une base de données. Avant de créer une nouvelle pièce, on recherche systématiquement s'il n'existe pas déjà dans la base une pièce ayant les mêmes caractéristiques ou un groupe de pièces ayant suffisamment de points communs avec celle dont on a besoin pour pouvoir l'intégrer dans le groupe en réutilisant le maximum de caractéristiques communes et en réutilisant les gammes standard correspondantes.

8.7 Place de la logistique de production

La logistique est au cœur de la production et le système Toyota reconnaît une égale importance de l'interopération face à l'opération génératrice de valeur justement parce que l'interopération induit des délais, des stocks qui sont contre-productifs au sens commercial et financier. Le système Toyota est profondément logistique car il met l'accent sur le flux, la relation client-fournisseur à tous les stades internes et externes du processus industriel et le respect de la promesse client. De plus comme cela a été mentionné, le développement des processus *Supply Chain* entre les fonctions renforce le rôle joué par cette fonction de gestion des interfaces.

8.7.1 Logistique amont

Par l'amont, la volonté de réduire les stocks amont a poussé les fabricants à développer de nouvelles relations de partenariat et à minima de coopérations avec leurs propres fournisseurs, particulièrement dans la construction automobile. L'idée était à la fois de réduire les retards de livraison des fournisseurs et de diminuer les stocks de composants et matiéres premières. Le danger était – et reste toujours – de transférer le stock amont de l'usine à ses fournisseurs avec un système de livraison rapide. Les coûts de ces nouveaux stocks des fournisseurs se trouvent alors répercutés d'une façon ou d'une autre sur l'entre-

prise qui achète. Pour éviter ce phénomène, il fallait mettre en place un véritable partenariat entre assembleur et sous-traitant conduisant à la réalisation d'un juste-à-temps inter-entreprises. La négociation et la mise au point de telles organisations de coopération industrielle ont nécessité l'intervention de spécialistes logistiques, même dans les entreprises où la logistique n'avait pas jusque là compétence sur les transports amont (franco) et les stocks amont d'usine (service de production). Il leur a fallu par nécessité s'intéresser à la gestion de ces flux depuis le fournisseur jusque sur le poste de travail à l'intérieur de l'usine. Et l'on voit ainsi dans certaines usines automobiles des services logistiques extérieurs à l'usine assumer la responsabilité d'approvisionner les postes de travail à l'intérieur de l'usine.

Un autre effet de cette logistique amont est l'installation d'usines de sous-traitance à proximité immédiate de l'usine d'assemblage. Ceci est courant dans l'automobile où le juste-à-temps impose assez souvent des conditions draconiennes de délai pour la fourniture de l'usine d'assemblage. Cette installation à proximité peut être le résultat d'un partenariat voulu entre le sous-traitant et le fabricant qui peut même dans certains cas participer à l'investissement ou elle peut être le simple résultat du jeu de la concurrence dans lequel la proximité constitue un avantage compétitif non négligeable.

8.7.2 Logistique aval : le DRP

En aval, un autre phénomène est intervenu. Depuis quelques années, on a vu se développer en Amérique du Nord un concept nouveau, le DRP (*Distribution Resource Planning* ou parfois *Distribution Requirements Planning*) ou « planification des besoins de distribution ». On a vu (B.4.2) comment ce principe repris par de nombreux fournisseurs de progiciels s'inspire du MRP et le précède.

Tout ceci suppose un système d'informatique logistique intégré et totalement transverse avec ses nombreux modules : prévisions, DRP, planification des recomplétements, gestion des transports, gestion du stock central, planification de la production, planification des approvisionnements, gestion des transports amont, etc. Déjà des systèmes de gestion intégrée de la chaîne logistique incluent des modules de GPAO, même si ce n'est pas encore leur point fort. Les logisticiens au centre de cette toile d'araignée ont ainsi tendance à devenir par la force des choses les régulateurs des flux et des stocks dans l'entreprise industrielle.

Un autre aspect de cette logistique aval est la décentralisation de productions exceptionnelles. Les fabricants de verre optique fabriquent la plupart de leurs verres en usine et approvisionnent des entrepôts régionaux de distribution, mais on trouve parfois dans ces entrepôts la capacité de fabriquer à la demande les verres les moins demandés à partir de verres semi-œuvrés (Dornier, Fender, 2007).

8.7.3 Mythe du juste-à-temps et du zéro-stock

En 1991, Paul Ziipskin, un enseignant de l'Université de Columbia écrivait dans la *Harvard Business Review* un article provocateur : « Does Manufacturing Need a J.I.T. Revolution ? » traduit en français par « Le mirage du just-in-

time ». « Ne vous amusez plus, écrivait-il, à essayer de devenir Toyota ! Le mythe du “just-in-time” (juste-à-temps) est fini et le “zéro-stock” est une absurdité... » Peu de doctrines de gestion industrielle auront soulevé autant d’espoirs, de déclarations péremptoires, de controverses que le juste-à-temps que nous n’avons d’ailleurs pas décrit ici, sinon sous quelques aspects : kanban, relations avec les fournisseurs. Peu de doctrines auront également permis de faire faire autant de chiffre d’affaires aux conseillers d’entreprise.

Le juste-à-temps fait partie de ces concepts « attrape-tout » comme la qualité totale que l’on oublie toujours de définir ou d’une telle façon que toute démarche de bon sens peut s’y rattacher. Ainsi Walter Goddard (1990) intitule-t-il la traduction française de son ouvrage sur le sujet : *Décupler la productivité de son entreprise par le juste-à-temps*. Rappelons que décupler, c’est multiplier par 10... Mais quand il vient à définir le juste-à-temps, il parle d’une « méthode de gestion et d’organisation fondée sur la recherche et la suppression de tout gaspillage afin d’améliorer en permanence la productivité ». Qui n’aurait pas envie de lutter contre le gaspillage ? Il est tentant pour un financier de considérer comme gaspillage tous les stocks de l’entreprise et d’imaginer des flux sans stocks. Mais face à des problèmes aussi complexes et aussi importants pour une usine que la gestion de production, il faut une certaine prudence.

La gestion de production est pour le logisticien un nouveau territoire qu’il ne peut ignorer dans l’entreprise industrielle tant sont étroits les liens entre l’approvisionnement, la production et la livraison aux clients. Mais la gestion de production est au cœur des métiers de la production : les opérateurs et agents de maîtrise en vivent les conséquences au jour le jour. Il n’y a jamais de miracles en ce domaine, mais il y a des catastrophes possibles.

Toute décision d’organisation, toute mise en place de nouvelles méthodes et/ou de progiciels doit être étudiée dans le contexte des ateliers en tenant compte de tout ce qui influe sur la vie quotidienne industrielle : l’état des machines, la maintenance, l’organisation des équipes et du travail, la formation du personnel et de son encadrement, la politique commerciale, etc. Il y a beaucoup de questions qui n’ont pas été abordées ici :

– Faut-il commencer par réduire les stocks ou modifier d’abord les procédures ?

– Faut-il réorganiser avant de mettre en place un progiciel de GPAO ?

– Comment donner plus d’autonomie au personnel, plus de polyvalence, plus de... tout ?

– Comment choisir un progiciel de GPAO ?

– Faut-il commencer par fiabiliser les machines et comment (maintenance préventive, TPM, MBF, etc.) ?

– Dans quels cas le SMED est-il recommandable ?

– Comment négocier avec ses fournisseurs quand on n’est ni Toyota ni General Motor ?

– Comment négocier avec ses clients quand ils sont General Motor ou Toyota ? etc.

On trouvera des éléments de réponses dans les ouvrages de référence. Il n’y a cependant pas de solution toute faite. Il n’y a même pas de démarche commune à toutes les entreprises. Tout cela demande du temps et la partici-

pation de tous. Il n'y a peut-être que des problèmes à résoudre au jour le jour avec des objectifs à long terme...

Bibliographie

Afnor Norme X 50-310, Organisation et gestion de la production industrielle – Concepts fondamentaux de la gestion de production – Définitions, Paris.

BÉRANGER P., *Les nouvelles règles de la production*, Dunod, 1987.

BIRONNEAU L., « Le pilotage par les contraintes en gestion industrielle : analyse de dix années d'expérimentation », *Revue Française de Gestion Industrielle,* Volume 15, n° 3-4, Paris, 1996.

Centre d'Expérimentation des Progiciels (CXP), « *Gestion de Production* », Paris, 1995.

BOUNINE J., SUZAKI K. *Produire juste-à-temps – Les sources de la productivité industrielle japonaise,* Masson, Paris, 1989.

COLIN R., Le kanban, AFNOR, 2004.

GODDARD W., *Décupler la productivité de son entreprise par le juste-à-temps,* Éditions du Moniteur, Paris, 1990.

MOLET H., Comment maîtriser sa productivité industrielle, Cours de l'École des Mines, 2006.

NAKHLA M., L'essentiel du management industriel, Dunod, 2006.

PIMOR Y., *La Maintenance productive*, Masson, Paris, 1992.

SHINGO S., *Maîtrise de la production et méthode Kanban (Toyota)*, Éditions d'Organisation, Paris, 1988.

WRIGHT O., Manufacturing Resource Planning, MRP II, 0WC, 1984.

ZIIPSKIN P., « Le mirage du just-in-time », Revue *Harvard/L'Expansion*, Paris, 1991.

9 • DEMAND SIDE : DISTRIBUTION

La distribution est sans aucun doute la partie la plus sophistiquée et du moins la plus dynamique des *Supply Chains*. En effet, les problématiques clés auxquelles sont confrontés les distributeurs sont nombreuses et impliquent des dimensions logistiques très fortes comme nous le montre les faits suivants :

– les distributeurs doivent faire face à un multiple foisonnement dû au nombre :

- de références de produits dans des gammes de température variées et associant des marques d'industriels fortes et des marques de distributeurs (MDD) ;
- des fournisseurs locaux, nationaux et du grand import ;
- des formats de magasins de 100 m^2 à plus de 20 000 m^2 pour lesquels des cahiers des charges service devront être respectés pour faciliter la productivité et la fluidité de la mise en rayon des produits ;
- des pays couverts, certains distributeurs ne dégageant leur profit que des pays « émergents » (Pays de l'Est, Chine, Brésil,…) alors que leurs marchés domestiques connaissent un environnement marché très difficile.

– Cette variété est contraire au principe de massification des flux cher à tout logisticien qui cherche à simplifier pour consolider et obtenir les économies d'échelle. La seule solution consistera à gérer un catalogue de solutions logistiques qui seront adaptées à la configuration de chaque pays et du contexte local ;

– les distributeurs se situent à l'interface de la production et des consommateurs et doivent faire face aux fluctuations de la demande. Celles-ci sont renforcées par le jeu des actions promotionnelles et des évènements commerciaux liés à un calendrier bien précis qui constituent une dimension essentielle du commerce de détail ;

– la capillarité des points de vente, la fréquence des expéditions, le lien avec le consommateur final et la couverture du dernier kilomètre qui en résulte sont autant de facteurs qui ont tendance à augmenter les coûts de distribution ;

– la valeur moyenne des produits conduit à une pression sur les coûts qui nécessitent de limiter les ruptures de charge, de rechercher la massification du transport tant en amont qu'en aval et d'optimiser le niveau des stocks sans oublier le coût de la logistique au sein des magasins. Il n'est pas faux de manière assez grossière de dire que le coût global logistique se répartit de manière équilibrée (un tiers) entre le coût logistique porté par le fournisseur (entreposage, stock et transport d'approche), la logistique du distributeur (entreposage, stock et transport de livraison) et la logistique en magasin (réception, mise en linéaire, stock et coût de rupture de stock) ;

– la pression sur les prix est une donnée essentielle. La montée en puissance des Hard Discounters tels que Lidl et Aldi est un excellent marqueur de cette tendance. Au niveau mondial, Carrefour se situe toujours fin 2006 avec 98 milliards de dollars de chiffre d'affaires au 2e rang des distributeurs derrière l'américain Wal Mart qui atteint 345 milliards de dollars mais talonné par le Britannique Tesco qui est passé sur la période 2001-2006 de la 13e place à la 4e. Les analystes prévoient qu'en 2008, Tesco ravira la 2nde place du classement à Carrefour. Ce dernier n'a enregistré une croissance sur cette période que de 6,6 % alors que la moyenne des 250 distributeurs mondiaux a connu une croissance de 9,2 % (source Deloitte). Pour conclure sur l'importance du facteur prix, Lidl a gagné 23 places sur la période 2001-2006 pour figurer désormais dans le Top 10 mondial avec une croissance moyenne de 12 %.

Face à cet environnement, les distributeurs sont à la recherche de solutions innovantes dans les champs fonctionnels et opérationnels de la logistique en :

– mettant des entrepôts massificateurs amont qui permettent de massifier les approvisionnements. Cette solution qui s'appuie sur des collectes du type *multi-pick*, des conditions d'approvisionnement qui abandonnent le franco à l'enlèvement permettent d'atteindre des barèmes quantitatifs (BQ) qui génèrent des économies et la mise en œuvre de système TMS (*Transport Management System*). Malgré la double rupture de charge, les gains en transport sont significatifs ;

– testant des solutions rendues possibles par les nouvelles technologies (préparation de commande en mode vocal, utilisation du RFID, WMS (*Warehouse Management System*), etc.) et en industrialisant les opérations logistiques ;

– développant des collaborations avec les fournisseurs tout en prenant en compte leur maturité logistique ;

– en développant des solutions alternatives en fonction du type de fournisseurs, de produits et de magasins.

C'est ce que nous allons découvrir dans ce chapitre.

9.1 Les trois âges de la distribution

La distribution, grande ou petite, considérée du point de vue des flux, mobilise des ressources logistiques importantes. Elle consiste à apporter les biens de consommation, fabriqués ou conditionnés dans des usines, jusque dans le logement de chaque consommateur. Elle résulte naturellement de la grande industrie et de son éloignement des consommateurs. Bien entendu, comme les produits de grande consommation (PGC) et les produits Frais (PF) constituent la plus grande partie des échanges, logistique et grande distribution vont de pair : la logistique dépend étroitement des formes que revêt actuellement la distribution ou qu'elle pourrait revêtir dans les prochaines années, et les formes variées que peut revêtir la distribution sont étroitement contraintes par les organisations logistiques économiquement possibles.

On peut distinguer trois âges dans la grande distribution : ce qui existait autrefois, la distribution historique, ce qui existe aujourd'hui, l'âge d'or de la grande distribution, ce qui existera peut-être demain, et qui est du domaine de la conjecture, la grande distribution à domicile.

9.1.1 La distribution historique

Il y a un demi-siècle, la distribution ne connaissait que deux variantes. Les marchandises parvenaient depuis les usines jusqu'au consommateur :

– soit par l'intermédiaire de boutiques,

– soit par l'intermédiaire de grands magasins de centre ville.

Les marchandises produites dans les usines et stockées dans les magasins d'usine étaient expédiées, assez souvent par chemin de fer, aux magasins régionaux du producteur ou parfois directement à des grossistes. Des magasins régionaux, elles étaient ensuite expédiées à des grossistes et ceux-ci les livraient à des détaillants. Ce dernier transport relativement court était effectué par des camions, ou même des voitures à cheval dans les villes jusqu'au début des années 50. Le consommateur allait, lui, faire ses courses à pied ou par les transports en commun. Il achetait peu à chaque fois mais souvent et rapportait ses achats chez lui où d'ailleurs jusqu'aux années 60, il disposait de peu de moyens de conserver des produits frais. Les grands magasins des centres villes offraient un choix plus large d'articles de mode ou autres produits « secs », avec des possibilités de livraison à domicile, pour l'ameublement par exemple. Mais la plus grande part était rapportée chez lui à pied par le consommateur. Logistique et distribution étaient liées avec des boutiques dans chaque village ou chaque quartier de ville, des grossistes et magasins régionaux d'usine dans chaque région, des transports à longue distance par chemins de fer et des transports de courte distance par petits camions et camionnettes (figure 9.1). Cette distribution qui mobilisait une armature commerciale importante et des stocks considérables était chère.

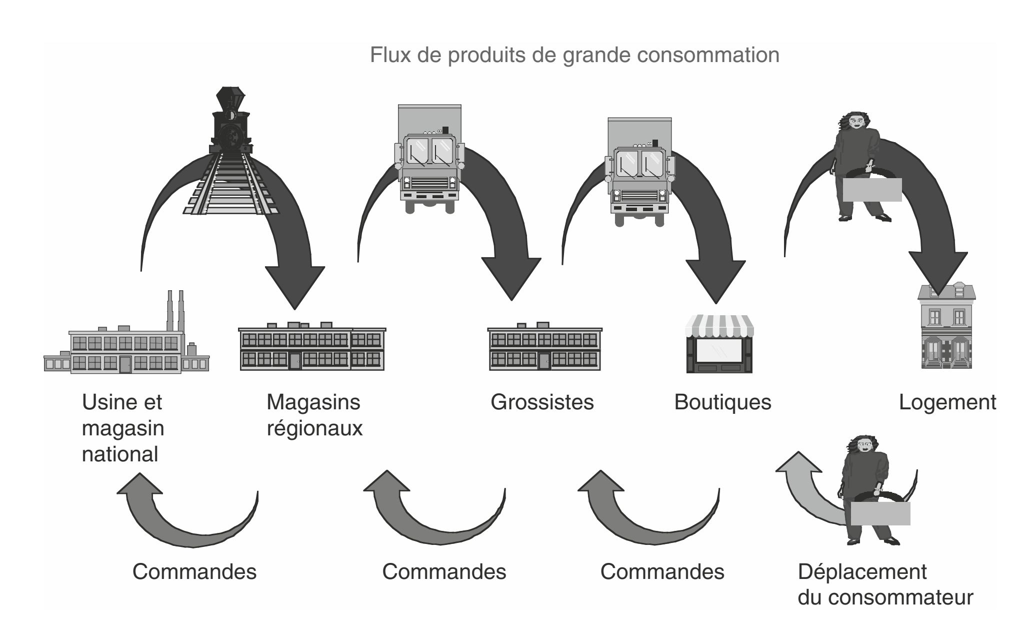


Figure 9.1 – La distribution historique.

9.1.2 L'âge d'or de la grande distribution

C'est le système que nous connaissons actuellement et qui prend trois formes distinctes :

– les hypermarchés qui représentent 32,9 % (en baisse depuis 1999) des ventes au détail alimentaire en 2006 (source INSEE) et 13,2 % pour les produits non alimentaires et les supermarchés qui pèsent respectivement 33 % (en hausse depuis 1999) et 4,4 % ;

– des boutiques d'autre part, y compris à côté des boutiques indépendantes du petit commerce, de véritables chaînes participant de la grande distribution et parfois pilotées par des entreprises virtuelles ;

– la vente à distance, un peu en déclin jusqu'à l'arrivée d'Internet, mais qui, sans aucun doute, constitue aujourd'hui un canal de distribution à part entière.

■ Le système des hypermarchés et supermarchés

Le système des hypermarchés et supermarchés est un système logistique qui fait intervenir fabricant, grande surface et le consommateur lui-même. En amont, on trouve les entrepôts d'usine, puis les plates-formes d'usines ou de distributeurs et arrières-magasins entre lesquels les flux se rejoignent avec des transports longue distance et des tournées. Le consommateur remplit d'ailleurs une part non négligeable de ces activités logistiques, sans aucun doute la plus coûteuse :

– se rendre au supermarché ou hypermarché et choisir ce qu'il lui faut ;

– assurer le *picking* en rayons et pousser son caddie aux caisses enregistreuses d'abord, puis jusqu'à son propre véhicule ;

– transporter les produits qu'il a achetés jusque chez lui avec son automobile ;

– transférer les biens de son véhicule à son domicile ;

– les ranger dans ses placards, réfrigérateur et congélateur.

Ce rôle du consommateur ne doit pas être sous-estimé. Il a permis de réduire considérablement les coûts de la distribution. Il faut en effet se souvenir du « principe exponentiel de descente d'un réseau arborescent » qui veut que la partie la plus coûteuse du parcours d'un réseau soit la partie la plus basse. Chaque consommateur n'a besoin en effet que de quantités très faibles de plusieurs produits à sélectionner, manutentionner et transporter sur de courtes distances, ce qui correspond aux conditions les plus onéreuses de toute logistique. Ce coût se réduit dans la mesure où le consommateur ne procède plus à des achats quotidiens mais peut stocker grâce à son équipement de réfrigérateur et congélateur. Il doit alors emporter des chargements plus importants, dans la limite d'un caddie et du coffre de sa voiture. Le transport en automobile permet d'installer les surfaces de vente en périphérie des villes, là où le terrain est moins cher et surtout où l'on peut organiser des parkings occupant une surface plus importante que la surface de vente proprement dite, selon le dicton nord-américain « *no parking, no business* ».

En vingt ans, on a assisté à une concentration et une certaine internationalisation de cette forme de distribution, en même temps que se développait en France une infrastructure importante de 1 525 hypermarchés, 5 400 supermarchés, 4 229 hard discount, 5 224 points de vente bricolage et 1 452 points de vente dédiés au jardinage (en octobre 2007, source INSEE). Ces structures

Flux de produits de grande consommation

Usine et magasin national

Plate-forme distributeur

Supermarché

Logement

Commandes

Commandes

Déplacement du consommateur

Figure 9.2 – La grande distribution actuelle.

nouvelles sont, soit des structures intégrées, anciens succursalistes comme Casino ou nouveaux exploitants comme Carrefour et Auchan, soit des structures associées de commerçants indépendants comme Leclerc et Intermarché. Ce développement s'est opéré au détriment de la distribution historique, ce qu'on appelle le petit commerce, au moins pour les PGC. Bien entendu, ce paysage de la grande distribution en France n'est pas si simple (tableau 9.1).

On peut remarquer que cet âge d'or de la grande distribution se manifeste avec des intensités différentes selon les pays, comme le montre une étude menée chez un producteur international de produits frais et ultra frais (tableau 9.2).

La concentration des surfaces de vente varie de 0,9 à 4,8 mais la concentration des points de livraison (PDL) et donc de l'intégration logistique de la grande distribution varie de 150 à 70 000 avec la spécificité de l'Allemagne. La France est dans une situation de concentration importante alors que l'Italie reste un pays très fragmenté.

On assiste d'ailleurs depuis quelques années à une concentration croissante et une certaine internationalisation de la grande distribution. Ainsi Carrefour a absorbé Promodès en 1999, Auchan a absorbé Docks de France. Monoprix est détenu à 50/50 par Casino et les Galeries Lafayette et il n'est pas exclu que ce dernier ne vende sa part à Casino qui pourrait aussi acquérir les 42 % de Cora détenus par la Deutsche Bank. En effet, il n'y a plus beaucoup de possibilités de développement en France où il est devenu très difficile d'ouvrir de nouveaux magasins.

Ces concentrations ont fait de Carrefour le deuxième distributeur mondial en 2003, alors qu'il était huitième en 1997, et réalise désormais moins de 50 % de son chiffre d'affaires en France. Car l'enjeu est désormais international. WallMart, leader mondial, est désormais établi en Europe (Allemagne et Grande-Bretagne) bien qu'il ne détienne encore que 9 % du marché nord-américain. Seuls les distributeurs indépendants en France restent en dehors

Tableau 9.1 – Paysage de la grande distribution en France

Type	Exemples	Caractéristiques
Grands Magasins	Nouvelles Galeries, Le Printemps, Galeries Lafayette, Le Bon Marché, etc.	Installés en centre ville, beaucoup d'articles (de 40 000 à 250 000), niveau de service élevé, prix élevés
Magasins populaires	Prisunic, Monoprix	Installés en centre ville le plus souvent, rayon alimentation très important, faible niveau de service
Grandes entreprises exploitant de grandes surfaces (GEGS) et anciens magasins à succursales multiples	Carrefour (+ Erteco, Picard, Comptoirs Modernes-Stoc, Métro, Cora-Match, Promodès, Continent, Champion, Shopi, Codec, Promocash), Auchan (ATAC, Simply Market), Ed, Casino (+ Géant, Leader Price, Coccinelle, Franprix), ALDI, LIDL	Installés en périphérie urbaine, prix bas, actions marketing soutenues Hypermarchés : > 4 000 m^2 Très Grands Supermarchés : > 2 500 m^2 400 m^2 < Supermarchés < 2 500 m^2 400 m^2 < Hard discount < 900 m^2 33 m^2 < Supérettes < 400 m^2 2 500 m^2 < Cash and Carry < 3 500 m^2
Groupements de détaillants et chaînes volontaires	Leclerc, Intermarché, Système U (Marché U, Super U)	Installés en périphérie urbaine, prix bas, actions marketing soutenues Hypermarchés : > 2 500 m^2 400 m^2 < Supermarchés < 2 500 m^2 400 m^2 < Hard discount < 800 m^2
Magasins spécialisés sous forme de groupements de détaillants réunis en chaîne pour la distribution de produits tels que : ameublement, électroménager, produits de bricolage et de construction, automobiles, jardineries, articles de sport, etc.	Darty, Ikea, Bricorama, GoSport, concessionnaires de grandes marques automobiles, etc. Carpet land, Pet'sMart (groupe Carrefour), Jardiland	Installés en périphérie urbaine et parfois en centre ville, souvent au voisinage d'hypermarchés, actions marketing soutenues de 400 m^2 à 1 500 m^2

de ces mouvements d'intégration et d'internationalisation malgré quelques accords européens et cela est cohérent avec leur structure capitalistique. Les ventes de Leclerc sont encore françaises à plus de 90 % et Système U, sans être implanté à l'étranger, voit cependant ses parts de marché augmenter en France. Il n'est donc pas évident que les mouvements actuels se poursuivent

Tableau 9.2 – Exemple de l'intensité de concentration de la distribution des produits frais en Europe

	Nombre de magasins pour 1 000 habitants	Nombre de points de livraison (PDL) pour avoir accès à 95 % du marché
Italie	4,8	70 000
Portugal	4	10 000
Espagne	2,7	30 000
Belgique	1,6	600
France	1	300
Royaume-Uni	0,9	150
Allemagne	0,9	5 000

mais, quoi qu'il en soit, l'on imagine bien les résultats de ces évolutions actuelles sur la logistique de distribution.

■ **Les boutiques et entreprises virtuelles**

La grande distribution ci-dessus n'exclut pas l'existence de boutiques en centre ville qui peuvent prendre des formes différentes :

- supérettes de la grande distribution ;
- boutiques individuelles survivantes de la distribution historique, y compris ce que les Canadiens francophones appellent les « dépanneurs » qui offrent des PGC de proximité avec des horaires d'ouverture très larges ;
- boutiques offrant des prestations ou produits qui impliquent la proximité des acheteurs et un service développé : cafés, restaurants, traiteurs, etc. ;
- chaînes de boutiques vendant des produits exclusifs soutenus par une publicité importante et un haut niveau de service : mode, informatique, etc.

Cette dernière catégorie est importante car elle constitue souvent la partie visible d'une nouvelle forme de production et distribution : les entreprises virtuelles (A.2.7). On y voit apparaître le rôle fondamental de la logistique qui devient un élément clé d'une telle organisation. Au même titre que la marque ou les brevets, l'organisation et l'informatique constituent un facteur clé de contrôle (au sens américain du mot).

9.1.3 La vente à distance (VAD)

La vente à distance anciennement appelée vente par correspondance est apparue en France dans les années 60 avec ses caractéristiques actuelles (figure 9.3) :

– mise à disposition du consommateur, à titre gratuit ou onéreux, de volumineux catalogues illustrés en couleur de souvent plus de 1 000 pages offrant un grand choix de produits ;

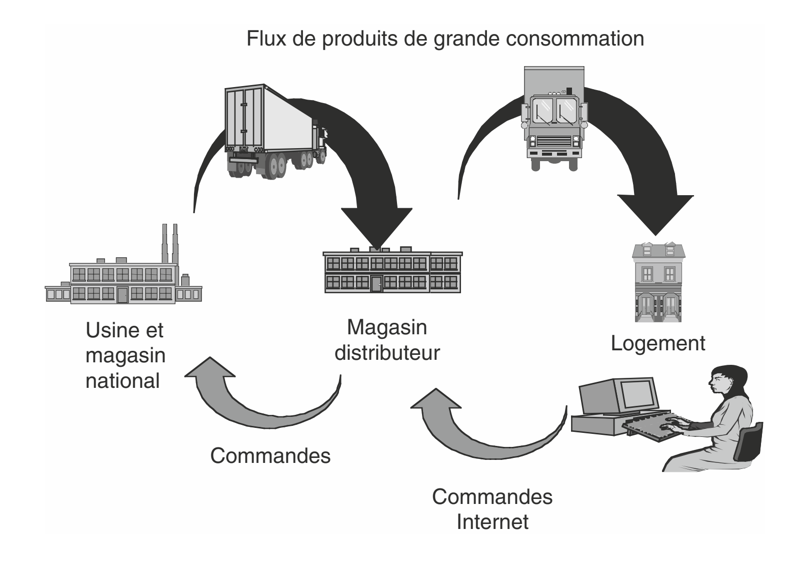


Figure 9.3 – La grande distribution à domicile.

– commande passée par le consommateur, soit par lettre, soit par téléphone, ou encore par Minitel ;

– paiement par chèque à la commande, carte bleue (numéro donné au téléphone) ou paiement à réception ;

– expédition de type colis postal livré à domicile, avec possibilité de le retirer soit à la poste, soit dans une boutique – prise de rendez-vous du transporteur pour les colis les plus encombrants et centre de renseignement téléphonique susceptible de tracer la situation d'une commande.

La VAD a connu une croissance de chiffre d'affaires de 17 % en 2006 pour un total de 18 milliards d'euros en France pour lequel le e-commerce représente 11,9 milliards soit les deux tiers et a connu une croissance de 37 % en 2006. La vente de produits représente également des deux tiers des ventes effectuées en VAD ce qui a représenté 240 millions de colis en 2006 (source FEVAD). Les modalités de passation de commande sont bien évidemment représentées en tendance forte par Internet qui est passé de 4 % en 2000 à 41 % en 2006, ce pourcentage représentant la proportion de Français passant des commandes régulières ou de temps en temps, le téléphone portable faisant son apparition en 2006 avec 5 % sachant que 73 % des Français achètent en mode VAD.

Les sites les plus visités sont eBay, voyages-sncf.com, La Redoute, FNAC, CDiscount. Les besoins des clients en matière de mode de livraison sont pour 81 % d'entre eux la livraison à domicile, la livraison sur des points relais pour 46 %.

Les catégories de produits les plus vendues par internet sont les suivantes par ordre décroissant en % des internautes : les voyages (59 %), les services (56 %), les produits techniques (52 %), les produits culturels (51 %), les vêtements (49 %) puis la maison (29 %).

Les entreprises n'échappent pas au phénomène de la commande par internet, 28 % des entreprises ayant acheté en ligne en 2006. Il y a de la marge sachant qu'au Royaume Uni, c'est 64 % des entreprises qui ont recours à ce canal (source Eurostat, 2007).

La rentabilité de la VAD s'est dégradée au cours des dernières années. Les quelques chiffres clés suivants donnent l'ampleur des solutions logistiques mises en œuvre pour soutenir l'offre commerciale : 200 000 références articles qui se répartissent en 3 catégories de produits (les petits articles qui représentent 90 % des ventes, les vêtements sur cintre et les articles encombrants), 3 400 points de livraison sachant que les livraisons à domicile représentent 10 % du volume total, 100 000 commandes par jour et 15 % des flux qui sont retournés pour échange ou pour substitution par un autre article ce qui mobilise un effectif très significatif pour traiter ce flux.

Trois réponses ont été apportées à cette situation :

– le développement international. À titre d'exemple, Redcats, 3e acteur de la VAD mondial, fédère autour d'un métier commun des marques historiques à forte identité, leaders sur leurs marchés de référence : La Redoute, La Maison de Valérie, Vertbaudet, Somewhere, Cyrillus, Daxon, Edmée, Empire Stores, Ellos, Josefssons, Chadwick's, Metrostyle, Jessica London, Woman Within, Roaman's, KingSize, Brylane Home. Présent dans 28 pays et en particulier la France, la Grande-Bretagne et les Etats-Unis, Redcats Group se développe sur un mode de distribution multicanal : catalogues, magasins spécialisés et Internet. Redcats filiale du groupe PPR a atteint un chiffre d'affaires de 4,3 milliards d'euros en 2006 et dégagé un résultat opérationnel courant de 5,2 % par rapport au chiffre d'affaires. La conséquence est pour Redcats de gérer quelque 60 sites Internet marchands ;

– la multiplication des catalogues, des marques pour mieux répondre à une logique de segments marchés de plus en plus fins. Il n'est pas rare de trouver plusieurs dizaines de catalogues en fonction des produits offerts et des segments de clientèle visés auxquels est appliquée une logique de micro-marketing. Pour Redcats, la vente par catalogue est encore majoritaire avec 64 % de part de marché mais s'appuie sur 17 marques ;

– le développement de magasins spécialisés dont l'activité reste néanmoins très marginale (4 % du chiffre d'affaire pour Redcats).

Un autre développement est l'ouverture de magasins, bien que toutes les tentatives en ce sens n'aient pas été couronnées de succès. Cependant, la logique catalogue/point de vente semble mieux s'adapter aux vépécistes spécialisés Cyrillus, filiale spécialisée de La Redoute qui a fondé sa réussite sur une offre BCBG, et Yves Rocher en sont les meilleurs exemples. Le magasin ne doit pas être un moyen de prise de commandes supplémentaires, explique un expert en marketing, mais il doit permettre de toucher une clientèle différente à d'autres époques de l'année. Avec ses 640 magasins, Yves Rocher espère élargir sa cible en attirant une cliente plus jeune qui ne commande pas forcément par correspondance.

Dans le domaine de l'alimentaire, il ne reste plus que quelques acteurs qui se partagent le marché, la logique étant de devenir gros le plus vite possible pour dégager des économies d'échelle et mieux remplir les camions de livraison vers les domiciles des clients sachant que le coût du dernier kilomètre est

prohibitif. En l'espace de 5 ans, Ooshop, site marchand du e-commerce et filiale de Carrefour a changé à trois reprises d'organisation logistique pour suivre le développement des volumes et de la couverture géographique. Le modèle cible s'appuie sur un site logistique situé à Marly-la-Ville qui constitue un véritable pari suite au choix d'automatisation et de mécanisation dont il a fait l'objet. Le catalogue article qui comprend 8 000 références dont 2 000 sont vraiment actives intègre les 3 températures (ambiante, froid positif et surgelés) ce qui pose des problèmes d'entreposage, de préparation de commande et de transport compliqués et pour lesquels les solutions sont coûteuses. Ce n'est certainement le prix de livraison appliqué au panier qui permet de couvrir les frais réels. La participation aux frais de livraison est effectivement de 9.95 euros réduits de 6 euros pour tout panier supérieur ou égal à 180 euros (hors frais de livraison). C'est clairement incitatif mais inférieur au coût réel.

Un dernier exemple est celui de CDiscount leader du e-commerce, filiale à 60 % de Casino depuis septembre 1998. Cette société a atteint un chiffre d'affaires de 400 M€ en 2005, prépare et expédie 25 000 commandes par jour. Pour poursuivre leur optimisation, la logistique opérationnelle sera centralisée sur 1 entrepôt central de 100 000 m^2 à la place de 7 entrepôts éclatés représentant 55 000 m^2 qui sera en mesure de traiter 180 000 colis en 2009, 72 000 commandes par jour, de gérer 55 000 références en stock et 20 000 chez les fournisseurs.

9.2 La logistique de la grande distribution

9.2.1 La logistique des points de vente

Les points de vente de la grande distribution (GMS) constituent la plus grande part des extrémités de la *supply chain*, ses points de contact avec la clientèle. C'est là que se fait la rencontre entre l'offre et la demande, là que la demande finale est saisie dans les caisses enregistreuses et que les données peuvent être éventuellement redistribuées aux autres participants à la *supply chain*. Extrémité logistique, elle comporte aussi sa logistique propre pour amener les produits finis jusqu'aux linéaires. Mais c'est une logistique très particulière puisqu'elle est le moteur de la vente : les liens entre cette logistique des points de vente et le merchandising sont très étroits et doivent être explicités, d'autant plus que l'on assiste depuis quelques années à un important mouvement de centralisation qui tend à faire remonter en amont de la *supply chain* la décision logistique.

■ La gestion des linéaires

Les linéaires, longueurs des supports de présentation des produits le long des allées d'une GMS, remplissent un triple rôle :

– ils jouent le rôle commercial direct puisque c'est là que le client va se servir et que les ventes de chaque produit dépendent étroitement de sa place en linéaire (emplacement et facing) ;

– ils jouent un rôle commercial indirect en présentant pour chaque GMS son assortiment, c'est-à-dire son choix de familles de produits (largeur) et son choix de produits dans chaque famille (profondeur) ; avec l'organisation même

du magasin (zoning), l'un et l'autre sont caractéristiques de la GMS et de son enseigne vis-à-vis d'une clientèle et d'une zone de chalandise ;

– ils constituent une part importante du stock de la GMS et c'est là que se rejoignent merchandising et logistique.

Le rôle commercial direct du linéaire est bien connu. L'importance des ventes d'un produit dépend de son facing, c'est-à-dire du nombre de centimètres qu'il occupe sur une tablette de linéaire. Le chiffre d'affaires généré n'est bien entendu pas proportionnel à son facing mais il existe des relations telle la courbe d'élasticité du linéaire (figure 9.4) qui montre que, passé un seuil de facing, les ventes augmentent rapidement jusqu'à un seuil de saturation à partir duquel elles augmentent de moins en moins avec la croissance du facing.

La détermination de l'assortiment et sa répartition en linéaire sont des opérations complexes puisqu'elles doivent générer les bénéfices mêmes de la GMS. On va donc calculer pour chaque article le bénéfice qu'il apporte par unité de linéaire développé en tenant compte des trois sources de bénéfice :

– la marge avant définie à la fois par le taux de marque (rapport entre le bénéfice sur facture et le prix de vente hors TVA) et le taux de rotation de l'article ;

– la marge arrière définie par la totalité des remises que le fournisseur consent sur le produit sous forme de remises de fin d'année, primes de référencement, accords de linéaire, etc. ;

– le bénéfice financier résultant du placement du montant des ventes pendant le délai de paiement (il peut être de 30, 60 ou 90 jours et fin de mois, ce qui fait en moyenne 15 jours de plus…).

On doit d'autre part tenir compte de la nécessité de présenter un certain nombre de produits incontournables même si le bénéfice qu'ils dégagent est moins satisfaisant.

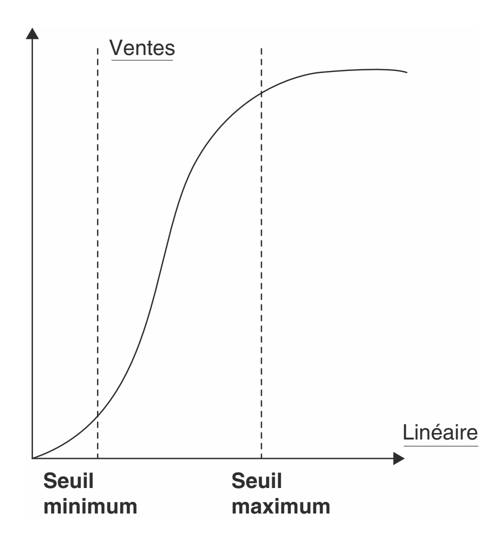


Figure 9.4 – Courbe d'élasticité du linéaire.

Maintenant le linéaire représente aussi le stock, ou une part importante du stock de la GMS. Ce stock doit permettre d'éviter les ruptures en linéaires qui se traduisent directement par une absence de ventes, plus ou moins compensée par l'achat d'autres produits mais qui peuvent entraîner aussi une absence d'achat ou même une perte de clientèle. Le linéaire doit donc permettre non seulement la rentabilité mais les ventes, compte tenu du taux de rotation du produit, de ce que l'on peut conserver en arrière-magasin et de la fréquence des livraisons, le tout en tenant compte des différences de ventes selon les jours de la semaine et les périodes. Le problème se complique avec une certaine tendance à réduire les superficies des arrière-magasins pour augmenter les surfaces de vente, les coûts croissants des transports et la réduction des heures de présence du personnel pour le réassortiment des linéaires. D'autre part, entre 1980 et 2000, les surfaces de vente n'ont progressé que de 10 % alors que le nombre de références en linéaire a progressé de 220 %. On imagine bien la complexité nouvelle que tout cela entraîne.

Le pipe-line logistique depuis le fournisseur jusqu'au caddy du client de la GMS est donc un système dont le réglage est de plus en plus complexe, non seulement par la variété des systèmes de transport et de conditionnement entre les fournisseurs et les distributeurs mais par la technique même de la vente en GMS.

■ Les étapes du réassortiment des linéaires[1]

Amener les produits jusqu'aux linéaires demande un certain nombre de décisions successives qui tendent toutes à être prises de plus en plus en amont des surfaces de vente.

– Le référencement est désormais réalisé au niveau national au moins pour les produits non alimentaires dans la plupart des enseignes, tout en laissant quelques possibilités de référencement au niveau des magasins.

– L'assortiment, c'est-à-dire le choix des produits à mettre en linéaire, était autrefois la responsabilité du chef de rayon. Il tend désormais à être centralisé, de façon à tenir compte de la complexité des choix à effectuer. Cela n'est cependant pas sans poser quelques problèmes pour la prise en compte des spécificités locales qui ne sont pas toutes paramétrables.

– L'approvisionnement, la partie proprement logistique de la procédure, consiste à effectuer des prévisions de vente aux différents échelons puis un choix de filière passant par de véritables stocks régionaux ou même nationaux.

– La mise en linéaire demande une opération de manutention manuelle entre l'arrière-magasin ou le quai de déchargement et le linéaire. Cette opération peut prendre beaucoup de temps si elle s'exécute tout au long de la journée. Une bonne prévision, des facings adaptés, une bonne connaissance des taux de rotation selon les différents jours de la semaine permettent éventuellement de préparer ces réassortiments en plates-formes par rayons ou mêmes linéaires avec des palettes ou des rolls adaptés et de gagner beaucoup de temps tout en réduisant les ruptures en linéaires. Il semble cependant que les GMS aient de plus en plus de mal à organiser ces opérations avec le personnel disponible et ses conditions de travail. Il est assez fréquent que la mise en

1. Voir sur cet aspect de la centralisation en cours, P. Lachaize, 2002.

linéaire ou en gondole des articles soit effectuée par le fournisseur. C'est une prestation supplémentaire négociée avec lui lors de l'achat ; il arrive aussi que cette prestation effectuée par le distributeur soit facturée au producteur en marge arrière. Ces travaux sont alors souvent effectués par une entreprise spécialisée ou par une main-d'œuvre intérimaire recrutée par le responsable commercial ou l'agent commercial du fournisseur.

■ Les ruptures en linéaires et le taux de service au consommateur final[1]

Les ruptures en linéaires constituent le côté négatif du taux de service au consommateur final. C'est d'ailleurs comme cela qu'on les définit avec :

Taux de service au consommateur en % = 1 – Taux de rupture en %

Selon ECR France, « un produit est dit en rupture magasin lorsque le consommateur ne peut l'acheter, ne l'y trouvant pas, alors que ce produit est habituellement présent dans le linéaire ».

On peut mesurer ces ruptures de plusieurs façons soit par relevés périodiques en linéaire comme dans l'étude citée ci-dessous, soit par calcul à partir des relevés de ventes aux caisses enregistreuses. Les relevés ne peuvent être qu'occasionnels et sont d'ailleurs de moins en moins fréquents avec la centralisation des décisions car des relevés de facing étaient assez souvent effectués jusqu'à présent par des agents dépendants du responsable commercial du secteur du fabricant ou d'un agent commercial et permettaient au fournisseur de vérifier le facing, éventuellement contractuel de ses produits – ou leur mise en gondole – et les éléments comparatifs de la concurrence.

Une méthode nouvelle proposée à l'ECR France par l'IRI SECODIP et expérimentée en 2002 consiste à traiter par informatique les relevés des caisses enregistreuses en déterminant les ruptures par comparaison des ventes d'un article d'une journée avec la moyenne des ventes sur les semaines précédentes. Si au cours d'une journée, les ventes sont nulles, on considérera qu'il y a rupture complète ; si au cours d'une journée, les ventes sont anormalement basses, par exemple à 1 ou 2 écarts types des ventes moyennes, on considère qu'il y a une rupture partielle. On peut alors établir des taux de rupture de deux natures :

– TRQC : pourcentage du nombre des références avec ventes nulles pour le jour analysé sur le nombre de références vendues dans les semaines précédentes pour le même jour de la semaine ;

– TRQP : pourcentage du nombre des références avec des ventes anormalement basses sur le nombre de références vendues dans les semaines précédentes pour le même jour de la semaine.

On peut pondérer ces données par le chiffre d'affaires réalisé et l'on voit s'esquisser la possibilité d'une surveillance permanente des ruptures de façon à en diminuer progressivement le nombre et l'importance.

Le problème est en effet que les taux de rupture de la grande distribution sont importants ; une étude réalisée en 2000 sous l'égide d'ECR France dans 115 hypermarchés et 3 415 supermarchés sur 100 familles de produits

1. Voir T. Jouenne, 2003.

pendant un an, montre des taux de 9 à 16 % selon les familles, avec une moyenne de plus de 10 % (tableau 9.3).

Tableau 9.3 – Taux de rupture de la grande distribution (étude ECR France – Valtech Axelbos, 2000).

Italie	13,8 %
Luxembourg	11,9 %
Belgique	10,4 %
France	10,3 %
Allemagne	9,5 %
Portugal	7,7 %
Espagne	7,3 %
Liquides	9,5 %
Produits frais	11,6 %
Épicerie	8,7 %
DPH	12,0 %
Basar	16,0 %

Ces taux varient suivant le jour de la semaine (ils sont plus importants les lundi, mercredi et samedi)[1], l'heure de la journée (plus importants le soir), avec de fortes disparités entre les GMS. Ils augmentent également avec les promotions qui viennent modifier les paramètres des produits concernés et de leurs concurrents.

Ils varient également selon les pays et seraient relativement forts aux États-Unis (entre 12 et 22 % selon l'IRI).

L'étude IRI SECODIP de 2000 a montré que les ruptures partielles ou complètes analysées représentaient 14 % du chiffre d'affaires, ce qui est énorme même si une part importante des ruptures est compensée par des achats de substitution que l'on ne mesure pas.

Le groupe de travail de l'ECR France qui a effectué cette étude a relevé 13 causes de ruptures dont 80 % sont dues à l'environnement du magasin (merchandising, systèmes d'information et ressources humaines). On remarque en effet que l'approvisionnement du distributeur est de plus en plus performant, particulièrement dans les conditions de la GPA (gestion partagée des approvisionnements).

Les principales causes de rupture en magasin relèvent de la fréquence et du moment du réapprovisionnement du linéaire, une gestion défaillante en

1. Les ventes du vendredi et du samedi représentent en moyenne 50 % des ventes de la semaine.

l'absence de réserve au point de vente, une fréquence insuffisante des réapprovisionnements magasins par les entrepôts et plates-formes, un système automatisé de réapprovisionnement mal adapté. On relève aussi des capacités de linéaire inadaptées à la rotation du produit, des difficultés dans la gestion des références concernées par les promotions, des difficultés à anticiper les pics de vente, etc. Du côté des fournisseurs, on trouve des ruptures en fabrication ou en disponibilité d'emballages, des problèmes de livraison et aussi des colisages inadaptés par rapport à la rotation.

9.2.2 Les facteurs de cette logistique

L'organisation logistique qui permet d'amener les produits d'un industriel jusqu'à une grande surface dépend de beaucoup de facteurs.

■ Nature des produits

Si la grande distribution semble présenter une certaine unité dans l'organisation de ses surfaces, il faut cependant tenir compte de la variété de ses produits qui n'ont ni les mêmes caractéristiques de marketing, ni les mêmes caractéristiques logistiques. Ainsi, les eaux de boisson qui peuvent représenter 1 % du commerce alimentaire sont des produits ayant une faible valeur au kilo ; en revanche, on considère que le consommateur attache une très grande importance au prix d'achat des marques nationales de telle sorte qu'il peut changer de grande surface s'il trouve moins cher pour sa bouteille de Vittel ou d'Évian. Il en résulte que la plupart des distributeurs vendent les eaux à un prix minimal. Ils les vendaient même à perte jusqu'à ce que la loi Galland de 1996 leur interdise désormais cette pratique.

Les produits peuvent différer aussi par les contraintes réglementaires qui entourent leur distribution.

Il existe en outre des différences importantes entre :

– les produits de marques de fabricant ; le fabricant en assure la promotion et le présente sous un emballage unique qui facilite sa gestion logistique ;

– les premiers prix, produits vendus sous un nom de marque différent à un prix plus faible et qui doivent recevoir au moins un emballage différent ;

– le produit de marque de distributeur ; c'est un produit qui peut être fabriqué simultanément ou successivement par différents producteurs ; le packaging en reste assuré par le fabricant qui doit alors gérer des quantités beaucoup plus faibles sans toujours savoir à l'avance quelles seront les commandes du distributeur ; il risque en permanence, soit d'être en rupture de stock, soit de se retrouver avec des invendus qu'il faudra repackager à un coût élevé si c'est possible ; ces produits qui représentaient un pourcentage modéré du chiffre d'affaires des distributeurs connaissent une extension rapide pour certains produits ;

– les produits en promotion qui peuvent demander des packagings particuliers, des regroupements spécifiques, etc.

■ Conditionnement et manutention

La diversité des surfaces commerciales entraîne une grande diversité d'organisation et de pratiques logistiques. Il est évident que l'on ne peut satisfaire

chacun de ces points de vente avec la même logistique. Pour livrer les supermarchés, on utilisera volontiers des palettes 60 x 80 qui présentent l'avantage sur les palettes Euro 80 x 120 de faciliter le *cross-docking* (voir *infra*) et de pouvoir même se poser directement dans les linéaires. Les fournisseurs peuvent utiliser des palettes perdues en unirotation, mais cette pratique diminue dans la grande distribution où elle ne subsiste plus que pour les papiers toilettes et le rayon bazar. Mais l'utilisation de palettes multirotations (louées dans près de 30 % des cas) oblige à prévoir le retour par le transporteur, ce qui permet cependant d'éviter parfois les retours à vide des camions. Les conteneurs grillagés ou *rolls* sont typiques de l'approvisionnement des supermarchés ou des magasins de proximité. Ils se plient pour le retour. On trouve aussi des livraisons en bacs plastiques 60 x 40 et 40 x 30 en plusieurs hauteurs.

■ Responsabilités

La répartition des responsabilités d'achat, de logistique et d'approvisionnement est extrêmement diverse selon les entreprises, au moins en France. Chez Auchan, le chef de produit est responsable de l'ensemble de son flux depuis les achats jusqu'à la mise en place dans le linéaire. Dans d'autres enseignes, au contraire, les acheteurs négociaient les référencements avec les fournisseurs. La répartition des responsabilités d'achat, de logistique et d'approvisionnement est extrêmement diverse, conséquence d'évolutions. Carrefour pendant vingt ans a maintenu une grande autonomie à ses responsables de magasins avant de venir à une politique d'achat centralisé et, conséquence nécessaire, une organisation logistique. Ces évolutions entraînent de grands changements dans les métiers de la distribution. Avec les systèmes ECR, l'acheteur doit désormais connaître produits, marchés, merchandising et logistique d'où, comme on le verra, sa spécialisation en *category manager*. Le chef de rayon doit désormais assurer la gestion des approvisionnements et de la mise en place, les prix, l'animation, le merchandising et le conseil consommateur pendant que la fonction d'« appro » perd le rôle d'achat et souvent de négociation des budgets d'animation.

Une évolution pourrait mener certaines enseignes jusqu'à confier la gestion de parties de leur linéaire aux producteurs eux-mêmes, qui peuvent d'ailleurs déjà jouer un rôle important dans la mise en place de certains produits sur les linéaires. On verra à travers le *trade-marketing* puis l'ECR, le *category manager* du distributeur face au responsable d'enseigne du producteur.

Actuellement, il semble donc que contrairement à d'autres pays, la situation de la distribution française soit extrêmement hétérogène.

■ Organisation et informatique

Le point important de l'évolution actuelle est sans aucun doute la prise de conscience de l'importance de la logistique par les directions générales d'entreprises de grande distribution. Cette prise de conscience s'est manifestée au cours de ces dernières années par :

– la création de directions logistiques centralisées et, ce qui va de pair, une certaine centralisation des décisions logistiques ;

– la mise en place de systèmes informatiques logistiques importants et coûteux, considérés comme un point de passage obligé pour une meilleure maîtrise des coûts logistiques. Parmi ces systèmes, une certaine tendance se dessine à

livrer directement les magasins à partir de l'analyse de leurs consommations : on parle parfois de réassortiment assisté par ordinateur (RAO). Ainsi Etam reçoit tous les jours avant minuit les données de vente de ses boutiques et les réassortit en moins de 48 heures, Marks et Spencer fait la même chose depuis Londres. Certaines difficultés peuvent cependant apparaître, comme la casse et les vols qui réduisent les stocks sans que l'ordinateur le sache, certaines imprécisions de la saisie par les caissières, etc., sans compter les réticences du responsable de point de vente qui ne peut plus que modifier les propositions de l'ordinateur et encore pas toujours, ou dans de faibles limites.

9.2.3 Entrepôts de la grande distribution

Certains distributeurs ont des plates-formes polyvalentes (souvent appelées « entrepôts »), réparties sur tout le territoire à proximité immédiate des magasins (rayon de 200 à 300 km), pour une distance moyenne de 75 km et en moyenne à 350 km des fournisseurs sauf pour certains produits géographiquement distincts (les eaux minérales par exemple). Ces données sont cependant extrêmement variables selon les circuits logistiques et il semble que les évolutions sont importantes ; ainsi Yoplait a vu entre 1988 et 1994 la distance moyenne de ses entrepôts aux différents points de livraison passer de 150 km à 375 km (IHEL, 1997). Assez souvent ces entrepôts étaient constitués en unités de gestion autonome rémunérées sur un pourcentage du chiffre d'affaires. Quelques grands distributeurs comme Cora ou Leclerc, ont conservé le principe des livraisons directes – en s'efforçant parfois d'obtenir alors le prix rendu entrepôt – mais les autres réservent ce type d'approvisionnement à quelques producteurs locaux.

La création de moyens logistiques par les distributeurs avait, en effet, plusieurs avantages :

– une réduction des coûts par un meilleur positionnement de leurs entrepôts à proximité de leurs surfaces commerciales, avec une diminution des tournées et l'obtention de meilleures conditions de transport jusqu'à leur entrepôt (massification) ;

– la possibilité de renégocier les contrats avec leurs fournisseurs en cernant mieux la part des transports et la part du prix du produit ;

– la possibilité de s'approvisionner auprès de fournisseurs qui ne disposaient pas d'une organisation logistique suffisante, par exemple pour la livraison de produits frais, créant ainsi une concurrence vis-à-vis des grandes marques ;

– l'amélioration des opérations de chargement des camions en entrée magasin et de mise en rayon en linéaire c'est-à-dire l'accroissement de la productivité logistique en magasin. Il y a moins de camions par jour qui perturbent l'activité des magasins et la préparation de commande en entrepôt distributeur permet une mise en rayon plus productive si de plus est mise en place une Gestion Mutualisée des Approvisionnements (GMA) ;

– une diminution des stocks de sécurité par mutualisation centrale des stocks pour un même niveau de service et une baisse également des stocks outils par une meilleure fréquence des approvisionnements.

L'organisation d'entrepôts et plates-formes régionaux a parfois conduit à une certaine spécialisation par type de produits de façon à réaliser des économies

d'échelle en regroupant entre eux des produits dont les caractéristiques de stockage et de manutention sont proches : produits frais, produits secs, etc.

Par la suite, au cours de la période la plus récente, on va assister à une réduction des stocks dans ces entrepôts régionaux de telle sorte que l'on peut distinguer de plus en plus les plates-formes sans stocks où l'on procède soit à l'allotement des marchandises (éclatement des palettes vers les magasins clients), soit au simple transfert entre véhicules en provenance des fournisseurs et véhicules de livraison aux surfaces commerciales de marchandises déjà alloties par le fournisseur (*cross-docking* au sens strict).

La mise en place de plateformes au sein desquelles sont effectuées des opérations de cross-docking peut paraître attractive par la baisse des stocks qu'elle autorise mais on ne doit pas sous-estimer les pré-requis en matière de systèmes d'information en particulier. Le fournisseur devra avoir l'information sur la commande du magasin si on veut éviter des goulots d'étranglement et les flux devront être parfaitement synchronisés pour préparer une commande complète au rayon ou au sous-rayon et éviter des ruptures de charge voire de stocks.

À côté de ces plates-formes régionales ont commencé à apparaître des entrepôts nationaux répondant à des besoins particuliers :

– entrepôts d'importation rassemblant des marchandises d'origine lointaine avec une spécialisation dans les opérations complexes de dédouanement ;

– entrepôts spécialisés dans un type de produit ne méritant pas par leur volume d'avoir des plates-formes régionales ;

– lieux de rassemblement de stocks d'opportunité ou spéculatifs : ce type de stock correspond à des achats massifs à un fournisseur, généralement en surstockage par mévente, avec des remises très importantes. Certains achats peuvent ainsi être saisonniers (agroalimentaires), d'autres correspondre à de simples opportunités. Ceci a été très pratiqué par certaines entreprises comme Intermarché et Leclerc, moins par d'autres. On a cependant vu des enseignes réaliser jusqu'à 80 % de leurs achats à des prix de promotion. On a beaucoup dit que ce développement des entrepôts de distributeurs, entrepôts capables de stocker des marchandises promotionnelles pendant plusieurs mois, était une caractéristique importante de la distribution française et accroissait ses coûts. Cette pratique semble se stabiliser dans les années actuelles après un développement important dans les années 80. Il est évident que cela n'est pas rationnel tout au long de la chaîne qui va du producteur au consommateur, ce à quoi tentera de répondre l'ECR.

Depuis quelques années, se développe une nouvelle sorte de plates-formes, dites « réserves déportées ». En effet, une grande surface avait jusqu'à présent une réserve, surface de stockage intermédiaire entre le quai de déchargement et les rayons. C'est là que sur quelques centaines ou quelques milliers de mètres carrés, on range provisoirement par rayon les produits réceptionnés ; chaque rayon vient ensuite prélever dans son stock ce dont il a besoin pour recompléter les gondoles. On peut aussi y pratiquer des travaux divers de regroupement pour des lots promotionnels, des mises en place de protections antivol ou des codes barres. Ces réserves d'arrière-magasin représentent cependant une place qui peut être précieuse pour un magasin qui ne peut s'étendre, faute de surfaces disponibles ou d'autorisation. Il est relativement plus facile d'obtenir une autorisation de trans-

formation de ces réserves en surface de vente. L'idée est alors de déporter la réserve à quelques kilomètres ou quelques dizaines de kilomètres de la surface commerciale. On y prépare des palettes par rayon qu'on livre dans des délais courts et les rayons viennent directement prendre la marchandise au quai de déchargement. On y gagne en outre la plus grande partie des quais de livraison. Les employés des rayons doivent mieux repérer leurs besoins. Ils n'ont plus à aller chercher leurs produits dans un magasin le plus souvent mal géré faute de magasinier et ils sont donc plus disponibles pour la clientèle. Auchan, en ouvrant un hypermarché dans le centre commercial Val d'Europe à Marne-La-Vallée, a décidé de consacrer à la vente le maximum de l'espace des 20 000 m^2 qui lui étaient autorisés. Une réserve déportée a donc été construite à 8 km du magasin. Elle dispose de fonctionnalités plus importantes qu'une réserve arrière classique :

– plusieurs quais facilitant les réceptions avec des aires de réception et de réexpédition vers l'hypermarché ;

– facilités pour des travaux de préparation des produits : mise sous antivols, étiquetage, mise sur cintre, etc.

Ces réserves déportées qui demandent du personnel permanent et des moyens de transport en outre des locaux de stockage, représentent un coût non négligeable, et certaines enseignes préfèrent supprimer les réserves d'arrière-magasin en obtenant des livreurs le respect de tranches horaires plus précises pendant lesquelles les rayons viennent prendre la marchandise commandée plus fréquemment à la plate-forme régionale.

Il peut arriver que le stock d'un entrepôt reste la propriété du fournisseur. Le transfert de propriété est effectué chaque jour en fonction des besoins du distributeur. C'est une pratique née aux États-Unis, particulièrement avec Wal-Mart, et qui tend à s'établir en France, par exemple pour les surgelés. À la limite, le distributeur pourrait ne plus avoir juridiquement de stock.

Contrairement aux idées communément admises, la plupart des distributeurs n'ont pas pratiqué une stratégie d'externalisation, à part quelques-uns comme Carrefour ou Cora.

9.2.4 Transports

Dans les transports au contraire, le recours à la sous-traitance est généralisé. Carrefour, Leclerc, Cora et Prisunic n'ont pas de flotte propre. Casino, Comptoirs modernes, Système U sous-traitent majoritairement leurs transports. Le marché français des transports routiers est en effet caractérisé par sa surcapacité et l'on obtient sans investissement des coûts plus faibles de sous-traitants que ceux que l'on pourrait avoir avec sa propre flotte. La tendance semble être la même dans les autres pays, bien que Wal-Mart aux États-Unis ait conservé sa flotte propre.

Dans les liaisons de proximité où l'image du livreur est importante, on pratique assez souvent des contrats de longue durée avec des obligations fortes du partenaire alors que pour les transports longue distance, on pratique plus volontiers des « affrètements spots ».

Le transport est et sera de plus en plus en critique pour des raisons déjà dans le chapitre 7. Une tendance lourde que nous reprendrons en conclusion de ce

chapitre est l'évolution du mode franco vers le mode départ/enlèvement réalisé par le distributeur. Dès lors, le distributeur cherchera à massifier ces enlèvements par des plates-formes de massification/regroupement amont sur lesquelles sont cross-dockés les produits et qui sont localisées et dimensionnées en fonction des bassins régionaux fournisseurs. Des opérations pilotes ont été lancées en France en 2007 par certains distributeurs pour des formats hypermarchés et supermarchés et ce, à un niveau régional. L'objectif est de maximiser les tractions en camions complets sur l'ensemble de la chaîne logistique et de concevoir des boucles fermées dédiées pour éliminer les retours à vide. Les distributeurs ont donc un levier essentiel à mobiliser pour dégager les enjeux transports.

Pour l'aval, les transporteurs assurent des rotations quotidiennes dans un rayon de 150 km autour des entrepôts avec des sas de réception de nuit dans les magasins pour permettre les livraisons sans attentes et en dehors des heures d'ouverture.

Comme on le verra, certains distributeurs ont tendance à imposer à leurs fournisseurs des conditions logistiques extrêmement strictes et particulièrement sur les horaires de livraison. Il s'agit pour eux de gérer au mieux les quais et les moyens de déchargements à l'entrée des entrepôts, des plates-formes et des magasins. Mais le problème de l'exactitude reste le même avec les transporteurs qu'ils affrètent. On a donc vu se développer ces dernières années des normes – appelées parfois chartes – de bonne conduite entre routiers et distributeurs.

9.2.5 Distance usine-surface de vente

Si le distributeur n'a pas de plates-formes, l'industriel a intérêt, soit à avoir ses propres plates-formes régionales, soit à utiliser les plates-formes logistiques d'un opérateur logistique. En effet, lorsque les quantités à livrer par supermarché ou même par hypermarché sont réduites, il n'est pas rentable que le camion qui part de l'usine les livre successivement. On distingue alors classiquement la « traction », qui consiste à transporter un camion plein depuis l'usine jusqu'à une ou deux plates-formes, et les tournées, qui consistent à livrer les clients en effectuant une tournée depuis la plate-forme pour y revenir recharger ensuite. Entre les deux s'opèrent des opérations :

– soit de simple transit de palettes ou de colis, si l'usine avait déjà préparé l'expédition pour chacune des surfaces à livrer et l'on parle alors de *cross-docking*, simple traversée de la plate-forme par la palette passant d'un véhicule à l'autre ;

– soit de déchargement de l'ensemble de la livraison regroupée en palettes complètes, suivi d'une préparation de chacune des livraisons par super ou hypermarché, avec éventuellement éclatement de palettes en *rolls* ou en palettes incomplètes, etc., pour charger ensuite le camion qui fait la tournée.

9.2.6 Coûts logistiques de la distribution

Il est difficile d'évaluer les coûts logistiques de la distribution, comme toujours à cause des imprécisions sur les définitions des relevés effectués mais aussi et surtout à cause de l'extension du périmètre couvert par la logistique. Une étude menée par l'Aslog en 2001 a montré que l'on pouvait estimer les coûts

entre 5 à 15 % du chiffre d'affaires. Au sein de ce poste de coût logistique les transports pèseraient près de 60 %, les stocks autour de 30 %, le « magasinage » autour de 8 % et la « gestion » autour de 4 % (à noter aussi que le coût total annuel « résultant des stocks » attendrait entre 20 et 40 % de leur valeur). On peut cependant retenir des ordres de grandeur.

Les coûts peuvent être cependant très différents selon les modes de distribution physique. On dispose à cet égard d'une étude de l'IHEL (1997) réalisée auprès d'un producteur de produits laitiers frais. Trois modes de distribution sont distingués et les coûts ont été établis en indices sur la base des coûts d'un hypermarché livré par le producteur depuis son entrepôt (base 1 000). Les deux autres hypothèses correspondent à des surfaces commerciales plus faibles livrées également par le producteur depuis son entrepôt et à des hypermarchés livrés par l'intermédiaire d'entrepôts distributeurs (tableau 9.4).

Tableau 9.4 – Coûts logistiques selon les modes de distribution (IHEL, 1997)

	Hypermarché en livraison directe	**Supermarchés en livraison directe**	**Hypermarché livré par entrepôt distributeur**
Administration des ventes	60	60	60
Transport depuis l'usine spécialisée à l'entrepôt producteur (moy. 340 km)	140	140	140
Coût en entrepôt producteur	300	850	200
Transport de l'entrepôt producteur à l'entrepôt distributeur	0	0	200
Coût de transport au lieu de livraison	500	750	200
Total	1 000	1 800	1 250

Il apparaît que le coût le plus élevé n'est pas celui où les coûts des deux entrepôts, producteur et distributeur, s'additionnent, mais correspond à la livraison directe de surfaces commerciales plus petites ce qui :

– augmente de façon importante les coûts de préparation de commande ; on peut se demander quel effet pourrait avoir dans l'avenir un *cross-docking* généralisé, à moins que cette élévation importante des coûts en entrepôt producteur ne soit due à une organisation inadaptée à ce type de préparation ;

– augmente le coût de livraison à destination du fait de tranches de poids moins favorables.

On remarquera que le premier cas représente 8 % seulement des tonnages, le second 12 % et le troisième 80 %, ce qui conduit approximativement à un indice moyen pondéré de 1 296. On ne peut donc considérer cette organisation comme optimale quant à la minimisation des coûts logistiques. Bien qu'il s'agisse d'un cas particulier, on s'explique déjà que cet effort de réduction des coûts tende à se propager désormais en amont des entreprises de distribution à travers l'ECR.

9.2.7 Relations contractuelles entre distributeur et fournisseur

La plupart des distributeurs regroupent les commandes de leurs surfaces de vente par plate-forme puis passent leurs commandes au fournisseur en tenant compte de ce qu'il leur est demandé par plate-forme et de ce que celles-ci ont encore en stock. Ces stocks sur plates-formes peuvent être réduits à quelques jours mais ils existent cependant et permettent de faire face à des besoins urgents imprévus ou à des retards de livraison. Lorsqu'ils reçoivent les palettes correspondant aux commandes, les plates-formes doivent préparer la commande de chaque surface de vente pour la lui envoyer par la prochaine tournée, soit en une fois, soit en plusieurs fois si la plate-forme sert aussi d'arrière-magasin à la surface.

Cependant, les nouvelles relations qui s'instaurent avec l'ECR entre distributeurs et fournisseurs peuvent conduire les distributeurs à faire préparer les commandes de chaque surface de vente par l'usine – ce qu'on appelle l'allotement – et à ne faire que du *cross-docking* sur la plate-forme distributeur (voir *infra*).

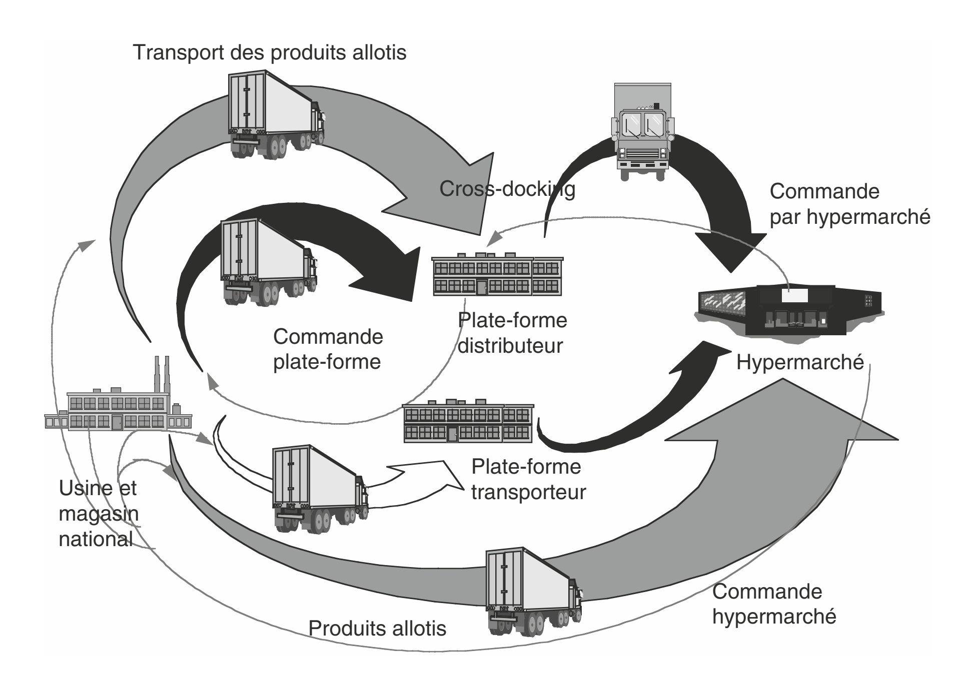


Figure 9.5 – Différents modes de livraison d'un hypermarché par un fournisseur.

La figure 9.5 montre donc les différentes façons que peut avoir un fournisseur de livrer un hypermarché :

– il peut recevoir la commande de l'hypermarché directement, avec l'obligation de préparer cette commande. On notera que pour simplifier, nous avons supposé que l'usine et l'entrepôt producteur étaient confondus ce qui est loin d'être toujours le cas ;

– il peut la livrer directement s'il n'est pas trop éloigné ou si la quantité commandée est suffisante. C'est ce qu'on a représenté par une flèche grise tout en bas ;

– il peut la livrer par l'intermédiaire d'une plate-forme de son transporteur ou de son opérateur logistique, soit en la préparant dès l'usine et le transporteur ne fait que du *cross-docking* sur sa plate-forme, soit en laissant au transporteur le soin de faire la préparation de la commande sur sa plate-forme avant de la livrer. C'est ce qu'on a représenté par une flèche blanche et puis noire. S'il en est ainsi convenu entre le fournisseur et le distributeur, par exemple dans le cadre d'un contrat ECR, il peut livrer la commande allotie de chacun des supermarchés à la plate-forme du distributeur qui procédera au *cross-docking* et aux livraisons. C'est ce qu'on a représenté par une flèche grise ;

– il peut recevoir la commande regroupée pour les besoins de la plate-forme qui procédera elle-même à la préparation des expéditions (allotissement). C'est ce que représente la flèche noire entre l'usine et la plate-forme distributeur.

Les plates-formes régionales des enseignes, en recevant les envois des producteurs à la plate-forme puis, après allotement par GMS, voire même par rayon de GMS, permettent d'effectuer les regroupements des transports de distribution. C'est une des raisons du développement de ces plates-formes régionales.

Les entreprises de logistique peuvent proposer un service équivalent aux fabricants d'une région :

– en gérant leurs stocks de produits finis dans des entrepôts plates-formes régionaux multi-entreprises ;

– en regroupant les envois des différentes entreprises de production gérées par supermarché, hypermarché ou même par rayon ;

– en effectuant les expéditions aux plates-formes régionales des enseignes qui veulent conserver leur organisation.

L'avantage des regroupements par rayon est que les palettes ou demi-palettes peuvent être constituées en fonction de l'organisation de l'assortiment en linéaire, évitant les manutentions à l'intérieur de la GMS. Ceci suppose que le système informatique de l'entreprise logistique connaisse les modes de regroupement à effectuer en fonction du linéaire des différentes GMS.

Ces entrepôts plates-formes dits de *groupage destinataire* pourraient permettre de concilier la demande des enseignes d'allotement par le fournisseur et la nécessaire massification économique des transports. Ils obligent cependant à effectuer le contrôle des produits reçus dans chaque surface de vente et non en plate-forme une seule fois par des spécialistes.

Bien entendu, chacune de ces solutions logistiques ne représente pas le même coût pour le distributeur et pour le fournisseur.

En février 1999, Michel Édouard Leclerc, PDG d'ACDLec lançait dans *Libre service Actualité* (25 février 1999) un véritable pavé dans la mare logistique : « Nous allons généraliser le départ usine », déclarait-il. Coincé par la loi Galland, la figure emblématique du groupe d'indépendants ne pouvait plus diminuer ses coûts et donc ses prix sans remettre en cause ses méthodes d'approvisionnement. « Entre une livraison directe et un départ usine, un distributeur obtient jusqu'à 4 % de ristournes et ses frais logistiques tournent aux alentours de 2 % », explique un expert. Ces évaluations sont tout de même un peu surprenantes par rapport aux évaluations précédentes mais comme toujours, il faut savoir ce qu'on appelle les « frais logistiques » et à quels produits correspondent ces pourcentages (valeur au kilo par exemple). Cependant avec une telle politique, il devient possible d'abaisser le seuil de revente à perte tout en respectant la loi Galland qui ne tient pas compte du coût du transport.

9.2.8 Politiques des distributeurs vis-à-vis de leurs fournisseurs dans le domaine de la logistique

Les fournisseurs se plaignent souvent de l'absence de prise en compte des conditions logistiques par les distributeurs. Ainsi, les commandes sont souvent effectuées à partir des entrepôts distributeurs le matin après rassemblement des besoins des surfaces commerciales. Les fournisseurs préféreraient que les commandes soient passées le soir afin de gagner une nuit pour la livraison, particulièrement dans le domaine des produits frais et extra-frais. La réception des marchandises s'effectue souvent en début de matinée, ce qui ne permet pas aux transporteurs d'étaler leurs livraisons. La prise en compte de la logistique dans les conditions générales d'achat (CGA) des distributeurs auprès de leurs fournisseurs est essentielle. Elle s'attache à définir le mode de livraison, les barèmes quantitatifs (BQ) qui sont fonction des unités d'emballage manutentionnées et les remises accordées en fonction des volumes approvisionnés.

On verra à propos des implications de la logistique dans le marketing stratégique, que la logistique d'un fournisseur n'est pas sans importance dans ses relations avec les distributeurs. Ceci est particulièrement important en ce qui concerne les relations avec les grands groupes de distribution (GEGS, groupements de détaillants et chaînes). L'arme traditionnelle des distributeurs est le référencement du fournisseur, référencement au niveau du groupement ou référencement au niveau de chacun des adhérents. On notera que le référencement n'est pas l'achat et qu'un fournisseur référencé peut ne pas recevoir de commandes.

Pour le référencement, l'organisation et la qualité de la logistique du distributeur sont le plus souvent un pré-requis plus qu'un critère de référencement. Les exigences des groupes peuvent cependant être plus ou moins élevées. Après référencement, les conditions générales d'achat peuvent faire peser une menace de sanctions financières plus ou moins lourdes en cas de défaillances logistiques. Même s'il est relativement rare qu'un fournisseur soit déréférencé à la suite de dysfonctionnements logistiques, il est certain que, outre les sanctions financières, ces défaillances peuvent modifier les conditions d'une négociation commerciale.

9.2.9 Les chartes entre distributeurs, transporteurs et fournisseurs

Compte tenu des difficultés analysées précédemment, les fédérations professionnelles se sont trouvées engagées à signer entre elles des chartes qui permettent de garantir la mise en œuvre de bonnes pratiques.

Ces chartes ont vocation à :

– équiper, dans les meilleurs délais, chacun de leurs points de réception, d'un point téléphone, d'un point toilettes, d'un point distributeur de boissons ;

– veiller à ce que tous les points de réception, correctement signalés, soient parfaitement accessibles aux heures d'ouverture habituelles ;

– élargir dans la mesure du possible les plages horaires d'ouverture de leurs réceptions ;

– adapter le nombre de réceptionnaires et de postes de déchargement aux quantités livrées quotidiennement, ainsi que les moyens de manutention ;

– respecter les horaires des rendez-vous qu'ils ont eux-mêmes fixés, harmoniser ces horaires pour un même messager et restituer immédiatement, une fois la livraison terminée, les lettres de voiture datées, identifiées et signées, ou les bordereaux récapitulatifs de livraison signés, datés, complétés de l'heure exacte de début et de fin de réception ainsi que de l'identification du réceptionnaire.

La charte préconise le recours à l'informatique et particulièrement à l'EDI chaque fois que possible.

Des enseignes comme Auchan ou les Centres Leclerc signent des chartes particulières avec des fédérations régionales de transporteurs. Ainsi la charte Auchan applicable dans plusieurs régions a pour but de :

– prendre en compte les pertes de temps des deux parties en matière d'horaires de livraison et d'attentes des camions (pénalités par demi-heure de retard par exemple) ;

– personnaliser les relations entre le distributeur et les transporteurs (interlocuteur unique par magasin, documents pour annoncer les livraisons, réunions périodiques de concertation, etc.).

9.3 Le *cross-docking*

Le *cross-docking* est un aspect logistique fondamental de l'ECR. Traditionnellement, le distributeur rassemblait les commandes de ses différents magasins et les livrait à partir de stocks conservés dans son entrepôt. Comme il avait malgré tout tendance à réduire ces stocks à quelques jours, on parlait plus volontiers de plates-formes que d'entrepôts. Désormais, le distributeur essaie de réduire complètement ses stocks en rassemblant tous les jours ou quelques fois par semaine, toutes les commandes de ses magasins et en passant très fréquemment une commande globalisée par plate-forme à chacun de ses fournisseurs. Ensuite il reçoit sur ses plates-formes les livraisons de ses fournisseurs et doit alors procéder à ce qu'on appelle souvent « l'allotement », c'est-à-dire la répartition des marchandises entre les différentes surfaces commerciales qu'il doit livrer depuis la plate-forme. Dans une situation idéale, il redistribue chaque jour ce qu'il a commandé et son stock devient presque nul.

Le *cross-docking* va consister à faire effectuer par le fournisseur, la préparation des commandes pour chaque surface commerciale de telle sorte que le distributeur n'a plus qu'à rassembler sur la plate-forme les différentes palettes ou cartons destinés à chaque surface pour effectuer le chargement de ses camions[1]. Le transfert se fait de quai à quai sans stockage intermédiaire. Il n'y a plus du tout de stock. Le GENCOD (Cognasse, 1997) propose la définition suivante du *cross-docking* : « Le fournisseur expédie les produits vers le distributeur en tenant compte des besoins des points de vente autant en terme de destination que de conditionnement. En arrivant au centre de distribution, les palettes constituées par magasin sont lues par lecture optique, triées et rechargées pour réexpédition sans manipulation de produits eux-mêmes. Ce "ré-éclatement" ne nécessite que quelques minutes ». Bien entendu le *cross-docking* est une charge supplémentaire pour le fournisseur qui doit supporter la préparation fine des commandes des magasins. De plus, les transports entre l'entrepôt du distributeur et la plate-forme risquent d'être plus onéreux puisque l'on aura souvent des palettes incomplètes et donc un chargement moins performant. On devrait assister à un développement de conditionnements plus petits : box, demi-box ou demi-palettes, trays ou cartons à ouverture facile.

En revanche le passage en plate-forme peut être très rapide et il est inutile pour le gérant de la plate-forme de gérer des stocks plus ou moins importants comme c'est pratiquement toujours le cas lorsque l'allotement est fait sur la plate-forme. Diminuant les manipulations, les risques d'avaries ou d'erreurs diminuent aussi. Il y aura donc souvent un déplacement d'une partie des coûts logistiques du distributeur au producteur, ce qui peut être un avantage supplémentaire obtenu par le distributeur à moins qu'il n'y ait une compensation prévue à cet effet lors de la discussion commerciale.

Le *cross-docking* se pratique de plus en plus en ce qui concerne les produits frais pour lesquels il est fondamental de gagner du temps logistique sur la date de péremption. Il est évidemment plus facile à pratiquer avec de très grandes surfaces commerciales (hypermarchés) qu'avec des points de vente modestes pour lesquels les livraisons sont souvent inférieures à la palette. On peut cependant imaginer que plusieurs industriels ayant un entrepôt en commun préparent ensemble leurs commandes par point de vente de façon à obtenir des palettes complètes. Ce type de *cross-docking* commence à apparaître pour des produits à références multiples comme les cosmétiques ou les produits d'hygiène et peut être une prestation intéressante des entreprises de logistique proposant des entrepôts spécialisés par enseigne.

Le *cross-docking* présente un autre avantage du point de vue de l'ECR. Il est encore très rare que le distributeur envoie à ses fournisseurs les informations en provenance de ses caisses enregistreuses. Mais en procédant en *cross-docking*, le fournisseur connaît les commandes de chaque magasin et non seulement les commandes de chaque plate-forme. Il est donc en mesure d'effectuer des prévisions par point de vente et de mieux lisser sa charge de production.

1. On parle parfois de *cross-docking* quand l'allotement est effectué par le distributeur à partir de livraisons regroupées du fournisseur mais il vaut mieux réserver l'expression au cas où le fournisseur réalise l'allotement, sinon il ne serait pas nécessaire d'utiliser un autre nom, américain qui plus est.

9.4 Logistique des promotions[1]

9.4.1 Importance et finalités des promotions

On risquerait de ne pas comprendre grand-chose à l'organisation de la logistique dans la distribution, et plus particulièrement aux grandes évolutions actuelles si l'on ignorait le phénomène essentiel des promotions. C'est un sujet qui est cependant rarement traité par les spécialistes de la logistique bien qu'il représente une grande partie des problèmes que doivent traiter tous les jours les logisticiens de terrain aussi bien chez les fabricants que les distributeurs ou les entreprises de logistique. La réflexion sur ce sujet s'exerce plutôt chez les spécialistes du marketing ou dans les cercles ECR.

« Une promotion est un ensemble de techniques destinées à simuler la demande à court terme, en augmentant le rythme ou le niveau des achats d'un produit ou d'un service effectués par des consommateurs », (Chinardet, 1994). Par comparaison avec la publicité classique avec qui les techniques de promotion sont en concurrence budgétaire au sein de l'entreprise, en général une opération de promotion apporte un avantage au consommateur : prix plus faible, quantité de produits plus importante pour le même prix, service supplémentaire, produits gratuits, primes, etc., ce qui n'exclut pas qu'elle soit accompagnée d'actions publicitaires.

Globalement les promotions représentent un phénomène économique majeur. Une étude récente d'IRI-Sécodip relève que 19 % des produits de grande consommation sont vendus en promotion, la réduction de prix moyen étant de 8,1 %, avec de grandes différences selon les catégories de produits : 28 % pour l'entretien contre 15 % pour les produits frais. La promotion peut prendre une très grande importance pour certains produits : par exemple en 1997, 35 % des glaces ont été vendues en promotion dans les GMS (grandes et moyennes surfaces) (LSA 26/03/98).

Les promotions peuvent être organisées à l'initiative d'un producteur ou à l'initiative d'un distributeur, mais elles intéressent l'un et l'autre qui doivent coordonner leurs actions pour organiser ces promotions aussi bien en ce qui concerne le marketing qu'en ce qui concerne la logistique de l'opération.

À l'initiative d'un producteur, la promotion peut avoir plusieurs buts :

– tester un nouveau produit : élasticité au prix, attrait, etc. ;

– lancer un produit nouveau en facilitant l'essai du produit par les consommateurs ;

– fournir un argument majeur pour obtenir le référencement par les centrales d'achat ;

– pousser le distributeur à augmenter ses achats et son stock ; or l'expérience montre qu'un distributeur est plus actif vis-à-vis d'un stock volumineux ;

– relancer les ventes en situation de concurrence, particulièrement dans les phases de maturité ou de déclin de la vie d'un produit ; elle permet notamment de contrer une campagne de promotions d'un produit concurrent ;

1. Une partie de cette étude a été réalisée avec le concours de Mademoiselle Antonella Lama alors élève de dernière année (1999-2000) de la Filière européenne de gestion et technologie du pôle universitaire Léonard de Vinci.

– se débarrasser de stocks importants ou assurer l'écoulement de la production réalisée dans une période de ventes insuffisantes pour des raisons conjoncturelles ou saisonnières ;

– augmenter les ventes pour améliorer le *cash flow* dans une période difficile.

Il ne semble pas qu'une promotion permette de construire une fidélité à une marque car, pour beaucoup d'experts, la clientèle supplémentaire attirée par une promotion reste volatile.

À l'initiative d'un distributeur, qui fait alors appel à des producteurs pour lancer une campagne de promotion souvent multiproduits, la promotion a le plus souvent pour but d'attirer de nouveaux clients. C'est ce qu'on appelle parfois le « marketing d'entrée » par opposition au marketing de sortie qui consiste à augmenter le montant du caddie.

La fidélisation ultérieure des clients attirés par les promotions est l'objet d'un grand débat. On rappelle d'ordinaire que sur 100 clients de l'hypermarché, les 36 fidèles qui l'ont comme magasin principal, représentent 75 % du chiffre d'affaires. (Jean Yves Lioré, responsable du baromètre SOFRES-Distribution dans LSA 25/11/99). Et c'est cette clientèle fidèle qu'il s'agit de renforcer plutôt qu'une population de consommateurs volages errant d'un hypermarché à l'autre au gré des promotions.

Les promotions sont faites pour provoquer une augmentation passagère de la demande d'un produit. Mais en réalité, elles peuvent être pour les distributeurs un mode d'achat économique pour des produits revendus ultérieurement à leur prix habituel en dehors de la période de promotion. C'est une des raisons importantes du développement d'entrepôts – et non de simples plates-formes – chez les distributeurs et l'on parle assez souvent d'« entrepôts spéculatifs ».

On peut s'interroger sur l'importance de ce phénomène. Pour l'Amérique du Nord, André J. Martin prend une position très claire : « Nous n'avons à l'heure actuelle aucune statistique sur les quantités de produits fabriqués et vendus dans différents secteurs industriels par le biais des achats à terme, mais nous pouvons parier sans risques que le pourcentage est assez élevé. Lors de mes déplacements, je rencontre beaucoup d'acheteurs qui ont l'habitude de n'acheter qu'en période de promotion. Le délai moyen entre deux promotions est d'environ trois mois. Cela signifie qu'en dehors des quantités vendues aux clients pendant les promotions, d'importantes quantités de produits sont achetées pour des ventes courantes entre les promotions. De par mon expérience, je pense que la moitié de ce qui est acheté dans le cadre des promotions n'est pas réellement vendue en période de promotion » (Martin, 1997).

Au-delà des promotions commerciales utilisées pour stimuler le volume des ventes, les achats spéculatifs représentent une autre pratique qui peut avoir des conséquences logistiques importantes. La grande distribution est un secteur qui n'hésite pas à intégrer des postures paradoxales. La baisse des stocks par une mutualisation dans des entrepôts massificateurs peut être encouragée parce qu'elle permettra de dégager des surfaces de stockage qui seront fort utiles au stockage de produits achetés en grande quantité de manière spéculative. Le choix du taux de détention des stocks est décisif car il induit des comportements spéculatifs opportunistes. Ainsi un grand groupe de distribution indépendant utilisait en 2007 un taux de 3,5 % certes dans un environnement général d'argent peu cher mais ce taux ne rend pas compte

bien évidemment d'une valeur réelle de possession des stocks. L'un de ses concurrents pratiquait un taux de 9 % que l'on peut juger comme plus réaliste.

9.4.2 Divers types de promotions et leurs aspects logistiques

On peut distinguer plusieurs types de promotions :

– les simples réductions de prix ;

– les augmentations de quantité de produits dans le conditionnement (« produits-girafes ») ;

– les regroupements de produits ;

– les adjonctions de primes, tickets de participation, etc. ;

– les actions d'accompagnement :

- réalisation de plaquettes publicitaires,
- réalisation de PLV (publicités sur les lieux de vente) : affiches, etc.,
- publicités,
- placement des produits en tête de gondoles,
- animation de la promotion sur le lieu de vente : présentations, dégustations, etc.

Ces promotions imposent donc des tâches particulières selon leur nature et, en outre, des tâches logistiques générales :

– prévisions,

– stockage des articles promotionnels,

– reprise des articles promotionnels invendus (*reverse logistics*).

■ Changement d'étiquettes

La simple réduction de prix oblige à modifier l'étiquette avec codes à barres qui sert aux caisses pour facturer ainsi que le montant porté sur cette étiquette ou sur le rayonnage. L'entreprise doit donc le plus souvent créer un nouveau numéro d'article avec son EAN 13 afin que le distributeur puisse l'identifier. La publicité des prix est soumise à une réglementation stricte par un arrêté du 2 septembre 1977.

On distingue :

– les ventes à prix d'achat, prix d'achat minoré des réductions acquises à la date de la vente et majoré des taxes et du transport ;

– les produits nouveaux à prix de lancement (plus faible que celui qui sera payé ultérieurement) ;

– les offres avec réduction : les commerçants doivent opérer un double marquage de prix de référence et de prix réduit. Le prix de référence est le prix le plus bas pratiqué par l'annonceur à l'égard de sa clientèle courante pour un article similaire au cours des 30 derniers jours précédant le début de la publicité.

Il est donc nécessaire, soit de livrer le produit en promotion avec un emballage particulier, soit de recouvrir cet emballage avec un autocollant qui présente le nouveau code barre, le prix correspondant et l'annonce promotionnelle, autocollant que l'on peut éventuellement enlever en fin de promotion pour remettre le produit en fonds de rayon. En effet, il est nécessaire de réétiqueter les

produits en fin de promotion. Si le produit n'est pas réétiqueté, le client est en droit de payer le prix de la promotion.

■ Changement de conditionnement

Les produits girafes avec une quantité supplémentaire de produits doivent être conditionnés de façon particulière, soit sur le lieu de production, soit sur une chaîne de conditionnement hors usine. Une telle opération oblige à modifier le conditionnement secondaire. On distingue en effet trois types de conditionnement :

– le conditionnement primaire qui correspond à ce qui contient directement le produit ;

– le conditionnement secondaire qui protège le conditionnement primaire et est jeté lors de l'utilisation du produit par le consommateur et qui sert à la fois de protection et de support promotionnel ;

– le conditionnement d'expédition assurant le plus souvent un regroupement et qui est nécessaire au stockage, à l'identification et au transport.

Un autre aspect important des promotions est la réalisation d'assortiments spécifiques qui obligent à créer une chaîne spécifique de conditionnement : assortiment de deux articles dans le même paquet. L'avantage est alors chez des spécialistes du conditionnement habitués à monter des opérations de cette nature.

Chaque fois qu'il faut établir un conditionnement particulier pour une promotion, on rencontre des contraintes supplémentaires de délai pour la conception des emballages, souvent réalisés par une agence de publicité, puis pour la réalisation et la mise en place avant le début de la période de promotion. Or, il est impensable de ne pas disposer des produits prévus pour la promotion au jour prévu pour le début de promotion qui a fait l'objet d'un planning publicitaire précis. Les conditionnements coûtent toujours chers : de 10 % du prix-usine pour le lait, à 30 % pour la bière et jusqu'à 60 % pour certains chocolats. Dans le cas de très petites séries pour des promotions, ces coûts de conditionnement peuvent devenir très importants, particulièrement si l'usine n'est pas organisée pour traiter de petites séries de conditionnement indépendamment de la ligne de production principale. Les producteurs font donc appel de plus en plus souvent à des entreprises logistiques capables de prendre en charge ces opérations de post-manufacturing.

■ Création et distribution de matériel de PLV

C'est une tâche qui pose des problèmes de délais en création et distribution mais aussi des problèmes logistiques. Il faut en effet réceptionner des produits peu compatibles avec les produits standards par leurs dimensions et leur emballage ; il faut les stocker puis les expédier. Parfois même, il est nécessaire d'inclure ces matériaux dans les emballages de produits, ce qui peut compliquer sérieusement la chaîne de préparation logistique.

■ Prévisions des promotions

Les promotions obéissent à des règles strictes en ce qui concerne la disponibilité des produits. Selon l'arrêté du 2 septembre 1977, les produits doivent être disponibles et leurs prix garantis tout au long de la période annoncée de promotion. La mention « jusqu'à épuisement des stocks disponibles » est juridiquement sans valeur. Cette règle oblige donc le distributeur à fournir le maté-

riel proposé quelles que soient les ventes. Le problème se complique avec les produits frais qui ont des dates limites de consommation très proches.

Un autre danger d'une mauvaise prévision est, en sens inverse, d'obtenir en fin de promotions une quantité importante d'invendus que le fournisseur peut se trouver obligé contractuellement de reprendre. Les coûts de conditionnement et d'étiquetage de très petites séries obligent, surtout quand on les sous-traite, à les planifier avec beaucoup de précision car le lancement en urgence de plusieurs micro-séries peut devenir ruineux.

Or, la prévision des ventes promotionnelles est extrêmement difficile car il s'agit à chaque fois d'une expérience nouvelle pour laquelle on ne dispose pas d'historique et cette expérience est nouvelle pour chaque surface de vente : les différentes enseignes n'ont pas les mêmes clientèles et chaque clientèle a ses modes propres de réaction aux différentes promotions ; on distingue par exemple, selon une étude réalisée par le cabinet Georges Chétochine pour l'IFM, trois catégories de clientes :

– les « indifférentes » (49 % de la population de l'enquête) qui inscrivent sur leurs listes de courses 70 % de marques nationales et sont indifférentes aux promotions, sauf s'il s'agit de quantités en plus ;

– les « accros » (11 %) qui n'ont que 15 % de marques nationales sur leurs listes de course – le reste étant en termes génériques, par exemple beurre, œufs, etc. – et qui recherchent systématiquement les promotions et achètent moins cher mais pas plus ;

– les « opportunistes » (40 %) qui sont sensibles aux promotions sur des marques nationales si leur prix est compétitif.

■ Stockage des articles promotionnels

Les promotions et les effets de stockage spéculatifs qu'elles entraînent, engendrent une immobilisation financière de l'ordre de 45 jours en hyper et 30 jours en entrepôts. Les distributeurs doivent donc essayer de diminuer ces temps d'immobilisation s'ils veulent pouvoir récupérer des liquidités nécessaires pour en augmenter la rentabilité.

■ Reprise des invendus : *reverse logistics* et promotions

Les promotions sont à l'origine de flux de retours importants que l'on retrouvera avec l'analyse des logistiques inverses (*reverse logistics*).

■ Conséquences : les coûts logistiques entraîneront-ils la fin des promotions classiques ?

Les promotions ont donc un coût logistique important autant pour les fabricants que pour les distributeurs, et l'on peut s'interroger sur leur rentabilité réelle. Tous les acteurs du commerce s'accordent en effet pour reconnaître que ces actions, si elles ont fait la preuve de leur efficacité en modifiant les comportements d'achat des consommateurs sur le moyen ou le long terme, montrent aujourd'hui leurs limites. L'incertitude sur l'effet de fidélisation de la clientèle par les promotions est contrebalancée par la certitude des coûts logistiques extrêmement importants qu'elles entraînent tout au long de la chaîne logistique. Ces coûts seront, comme on le verra, pour une grande part à l'origine de l'ECR

Plusieurs techniques pourraient au moins partiellement prendre le relais des promotions classiques. L'EDLP (*Every Day Low Price*) est l'une d'entre elles que l'on rattache volontiers à l'ECR dans la mesure où elle n'est possible qu'à travers un accord entre le distributeur et ses fournisseurs. Afin d'éviter la création de stocks spéculatifs chez le distributeur et les conséquences fâcheuses entraînées par ces pratiques sur la régulation de la production, l'EDLP permet d'éliminer les stocks spéculatifs mais en revanche, supprime les possibilités d'animation en magasin. Il prévoit la fixation d'un prix moyen appliqué tout au long de l'année et qui prend appui sur le cours le plus bas.

Les deux solutions, promotions et EDLP comportent chacune des avantages et des inconvénients :

– le stockage spéculatif entraîne un risque important d'alourdissement des frais financiers de stockage et, en outre, de rupture pendant les autres périodes de l'année ;

– l'EDLP permet, lui, d'avoir une politique tarifaire stable pour les consommateurs mais nuit au dynamisme de l'enseigne.

Des stratégies partenariales ont donc été entreprises pour mener des actions mixtes :

– les animations promotionnelles avec quota : il s'agit pour le fabricant de proposer des prix attractifs ; en contrepartie, le distributeur s'engage à passer un minimum de commandes ;

– les périodes promotionnelles très longues avec partage des données de vente et de stocks : ces actions promotionnelles sont devenues obligatoires, voire permanentes, sur certains segments.

9.5 ECR et CPFR

L'ECR (*Efficient Consumer Response*) est une expression qui en elle-même ne signifie pas grand-chose, sinon l'affirmation sympathique qu'il est bon de bien répondre aux besoins des consommateurs. On peut donc se demander ce que cela cache.

En 1999, tous les journaux logistiques ne s'intéressaient qu'à l'ECR. C'était la grande affaire en liaison étroite avec le concept toujours en devant de scène de la *supply chain*. En 2000, on ne parle plus d'ECR. La mode est désormais au e-business et à ses aspects logistiques. Cependant les associations d'ECR subsistent avec leurs sites internet ; les entreprises semblent continuer à y travailler mais il faut reconnaître qu'il y avait déjà, les années précédentes, une certaine désillusion par rapport aux succès espérés, au moins en France, mais aussi dans tous les pays, même si les entreprises d'Europe du Nord semblaient avoir progressé plus vite en ce domaine. Alors qu'en est-il de l'ECR ? une mode ou un phénomène de longue durée dont on va continuer à parler dans les années qui viennent ?

Il faut reconnaître qu'il n'est pas très facile de cerner ce que recouvre l'ECR, un concept aux dimensions variables associant beaucoup d'autres concepts tous américains :

– *Supply chain*, à la fois concept, progiciels (*supply chain management*) et nouvelle approche de la production et de la distribution ;

– *Electronic Data Interchange* (EDI, échange de données informatisé en français) ;

– le *Quick Response* (QR), *Continuous Replenishment Program* (CRP) ;

– *Supplier Retailer Cooperation* (SCR), collaboration entre producteur et distributeur prônée par Coca Cola ;

– *Vendor Managed Inventory* (VMI) ou gestion partagée des approvisionnements (GPA), gestion totale ou partielle des approvisionnements du distributeur par le vendeur qui conserve ou non la propriété des stocks de ses produits dans les entrepôts du distributeur ;

– *Trade marketing* et organisation en *category managers* avec association de logisticiens aux équipes de négociation entre fournisseurs et distributeurs ;

– *Every Day Low Price* (EDLP) : tentative de réguler les prix en diminuant l'impact des promotions ;

– *Cross-docking* et allotement centralisé : l'allotement des marchandises à une surface de vente, voire à un rayon, est préparé en entrepôt central et les produits ne sont que transférés sans *picking* ni reconditionnement sur les plates-formes régionales ;

– *Collaborative Planning Forecasting and Replenishment* (CPFR), collaboration entre producteur et distributeur pour l'établissement de prévision et la détermination des besoins de réapprovisionnement.

Toutes ces techniques présentent un point commun : elles supposent une collaboration logistique – et souvent de marketing – entre producteurs et distributeurs. Bien entendu, les uns et les autres ne collaborent que s'ils y ont intérêt et cette collaboration est un facteur clef de leurs stratégies. On a donc annoncé, peut-être un peu prématurément, une nouvelle ère de relations commerciales différentes par une collaboration gagnant-gagnant. Pour comprendre cette évolution, il faut d'abord examiner les raisons techniques qui sont à la base de ces tentatives de collaboration et les différentes attitudes stratégiques possibles des partenaires de la *supply chain*.

9.5.1 Les fondements techniques de l'ECR

Nous entendons par fondements techniques, les contraintes logistiques qui sont à la base de l'ECR même si le phénomène est, comme on le verra, beaucoup plus l'expression de volontés stratégiques des différents partenaires de la *supply chain*.

■ Théorème fondamental de la *supply chain*

Le théorème fondamental de la *supply chain* est, comme on l'a vu, appelé plus souvent dans la littérature anglo-saxonne : le *bullwhip effect* (effet de fouet à bœufs). On peut l'exprimer ainsi :

> « Plus on s'éloigne vers l'amont du consommateur final d'un produit (détaillant, grossiste, fabricant, sous-traitant, etc.), plus la variabilité des besoins de ce produit est élevée. »

Ceci revient à considérer que si l'on gère une cascade de stocks, la gestion de chacun de ces stocks, au lieu de réguler les besoins des stocks situés en amont, accentue les variations de consommation initiales jusqu'à entraîner des

fluctuations très importantes chez le fabricant, rendant sa gestion de production extrêmement difficile. Le seul remède consiste à gérer chacun des stocks de la chaîne en ne tenant compte que des variations de consommation de la demande finale et en ignorant les variations de consommation intermédiaires. C'est ce qu'on appelle assez souvent le pilotage des flux, sans qu'on sache toujours très bien ce qu'on met sous ce concept.

Il en résulte que les producteurs ont besoin pour réguler leur production de connaître la demande finale telle qu'elle apparaît aux caisses enregistreuses des distributeurs. On est donc dans cette situation paradoxale que les producteurs ont besoin d'informations détenues par les distributeurs et que les distributeurs disposent d'une information coûteuse à recueillir et à traiter rapidement et dont ils n'ont pas vraiment besoin, sinon pour leurs besoins de gestion locale.

■ Difficultés de prévision

Le deuxième facteur de développement de l'ECR réside dans les difficultés de plus en plus grandes que rencontrent tous les partenaires de la chaîne logistique à effectuer des prévisions. L'effet de fouet à bœufs montre qu'il faut prélever l'information au plus près des consommateurs. Mais ce besoin est encore plus fort avec le raccourcissement de la durée de vie des produits et les conditions actuelles de leur commercialisation.

Une partie importante des ventes se fait sous forme de promotions. Or, par définition, une promotion consiste à modifier les conditions du marketing : réduction de prix, publicité, conditionnement et quantité différente, PLV, position en tête de gondoles, assortiment différent, durée limitée, etc. C'est donc en quelque sorte un produit nouveau dont il est difficile d'évaluer ce qui va en être vendu. De plus, le vendeur ne sait pas toujours quelle quantité est achetée pour la promotion et quelle quantité est achetée par le distributeur à titre spéculatif pour profiter des prix de la promotion.

Les vrais achats spéculatifs compliquent encore le problème car le fournisseur ne sait pas toujours pour combien de temps le distributeur a acheté de son produit.

Enfin, le raccourcissement de la durée de vie (en production) des produits fait que le producteur a de moins en moins d'historique. Le phénomène était connu dans la mode où les premières semaines ou les premiers jours de vente étaient le meilleur indicateur des coloris et des modèles qui allaient être vendus, mais il en est de même aujourd'hui de toutes sortes de produits comme les ordinateurs, les nouveautés électroniques, etc., tout article qui n'a pour le producteur qu'une durée de vie de six mois ou moins. Il est donc fondamental pour lui d'avoir le maximum d'informations fiables sur les ventes dans les délais les plus courts.

■ Développement de l'EDI et du *Supply Chain Management*

Les années 90 ont vu la généralisation de l'usage de systèmes informatiques pour traiter toutes les opérations de la *supply chain*. Il devenait alors absurde de ressaisir des données chaque fois qu'elles passaient d'une entreprise à l'autre. L'EDI est cette généralisation des transferts d'information directement d'un ordinateur à un autre entre entreprises différentes : fiches de produits, propositions de prix, commandes, avis de réception de commande, avis

d'expédition, ordre de transport, factures, etc. L'EDI suppose cependant des standards, des systèmes informatiques d'interface et un accord entre tous les intervenants.

Dans le même temps, les réalisateurs de systèmes informatiques de management de la *supply chain* ou d'ERP étaient passés du MRP (*Material Resource Planning*) en gestion de production industrielle au DRP (*Distribution Resource Planning*), en établissant les interfaces nécessaires. Ils brûlaient d'aller plus loin jusqu'au consommateur final en faisant remonter les informations d'entreprise en entreprise tout au long de la *supply chain* grâce à l'EDI.

On va voir d'ailleurs que les consultants et réalisateurs de systèmes informatiques ont joué un rôle considérable dans le développement de l'ECR

9.5.2 Les partenaires de l'ECR

■ Les producteurs

On a vu que les producteurs étaient les premiers intéressés à disposer d'informations sur les ventes réelles de leurs produits, du fait du théorème fondamental de la *supply chain*. Mais l'analyse des promotions a montré qu'il y a beaucoup plus que cela dans leur intérêt pour l'EDI, même si ce simple objectif suffit à justifier leur implication dans de tels programmes.

Il faut cependant distinguer trois catégories de producteurs :

– les producteurs incontournables sans réseau propre de distribution ;

– les entreprises virtuelles ;

– les autres producteurs.

Les producteurs incontournables sans réseau propre de distribution sont les propriétaires des grandes marques les plus connues. Ils conçoivent des produits ; ils en font la publicité ; ils les proposent à des distributeurs qui ne peuvent pas les ignorer car s'ils n'avaient pas ces marques en rayon, les consommateurs déçus de ne pas trouver les marques dont ils ont l'habitude ou qu'ils connaissent par la publicité pourraient se détourner des surfaces de vente du distributeur. C'est ainsi qu'ils sont relativement incontournables et sont donc dans une position souvent forte vis-à-vis du distributeur mais pas assez pour lui imposer tout ce qui leur permettrait de réguler leur production : communication des données de consommation, régularisation des commandes, etc. Ils ont aussi beaucoup à gagner en diminuant l'importance des achats spéculatifs et des promotions dans le total de leurs ventes. Ils ont donc intérêt à négocier avec les distributeurs des programmes attractifs leur permettant d'atteindre ces objectifs. Bien entendu, il y a des compensations financières mais qui seront le plus souvent moins importantes que les gains obtenus en régulant la production.

Un autre aspect pour eux était de réduire les taux de rupture de stock en linéaire, taux parfois importants de 10 à 20 % et qui ne leur étaient pas toujours imputables.

Certains producteurs importants peuvent proposer à certains clients des actions de fidélisation et de régularisation. Ainsi, un vendeur de produits chimiques pour l'industrie peut proposer aux acheteurs des entreprises clientes un contrat d'exclusivité assorti de prix attractifs et de prestations telles que la

gestion de leurs stocks et leur renouvellement par ses soins. Ils peuvent même proposer de conserver la propriété de ce stock placé chez le client.

Cette fidélisation est la caractéristique principale des entreprises virtuelles. Elles ne sont pas, en effet, propriétaires de leur réseau de distribution ni de leurs usines de fabrication, mais elles s'efforcent de négocier des accords de longue durée avec elles et d'assurer la gestion complète de la chaîne logistique. Un fournisseur comme Benetton reçoit de ses entreprises franchisées toutes les informations au jour le jour sur les ventes de nouveaux produits et peut piloter la fabrication ou même la teinture des produits en fonction des résultats des ventes. Hewlett Packard pilote la fabrication de ses ordinateurs en fonction des besoins de ses revendeurs qu'il connaît en permanence. *A priori*, l'ECR n'est pas leur affaire ou plus exactement, ils le pratiquent déjà de façon très avancée.

On peut parler de quasi-intégration verticale à travers la mise en place de réseaux d'information très diffus et de contrats formalisant les engagements respectifs des parties.

Les autres producteurs sont beaucoup moins bien lotis vis-à-vis des distributeurs. Ils doivent d'abord se faire référencer par des chaînes de distributeurs qui peuvent ne pas leur acheter. Ils doivent ensuite se faire référencer au niveau régional par certaines chaînes comme Leclerc par exemple, tout cela au prix de concessions. Ils doivent ensuite vendre et la négociation n'est pas seulement en termes de prix mais aussi de promotions, de têtes de gondoles, de participation à des actions commerciales du distributeur (foires au vin par exemple, animations), de mise en place en linéaire, acceptation de retours, etc. Ils doivent donc se présenter avec des programmes attractifs pour les acheteurs dans un marché où il existe en permanence un surplus de capacité productive. Si ces producteurs ont des besoins de trésorerie, c'est en général au moment où ils ont des excédents de production invendus et ils ont peu de chance de se faire avancer de l'argent par leur banquier sur ces invendus. La solution est d'ordinaire de proposer des promotions déclenchant des achats spéculatifs de la part des distributeurs. C'est une autre source de fluctuations importantes. Ils sont donc intéressés par tout ce qui permettrait de diminuer les risques de déréférencement et de fidéliser leurs clients, mais ceux-ci ne sont pas nécessairement très intéressés par une telle collaboration.

■ Les distributeurs

Les distributeurs cherchent à diminuer leurs prix d'achat, soit pour augmenter leur marge, soit pour vendre moins cher selon la distinction faite par Édouard Leclerc entre les commerçants et les distributeurs vrais. Ils sont donc intéressés par tout ce qui peut réduire les coûts, et particulièrement les coûts logistiques, à condition de bénéficier de tout ou partie de cette économie.

On peut d'ailleurs distinguer deux catégories de distributeurs :

– les *discounts* vendent peu de grandes marques et cherchent avant tout un bas prix. Ils ne cherchent pas à avoir un grand nombre de produits en linéaire ;

– les grands distributeurs ne peuvent se passer des produits à marque mais peuvent chercher à développer leurs marques propres pour lutter contre les discounters avec des prix bas et augmenter leur marge. Ils cherchent à faire baisser les prix d'achat ou leurs charges propres.

Pour baisser leurs charges propres, ils ont intérêt :

– à transférer les stocks de leurs entrepôts aux fournisseurs. C'est ce que fait systématiquement Wal-Mart ;

– à supprimer leurs stocks d'arrière-magasin et les charges de mise en place sur linéaire. Une préparation des commandes par rayons sur *rolls* les intéresse ainsi que la mise en place par les fournisseurs ;

– à diminuer les coûts de gestion en faisant gérer leurs stocks par les fournisseurs, en diminuant le nombre des promotions, etc. ;

– à faire supporter une partie de leurs charges informatiques par les fournisseurs. Les systèmes informatiques comprenant des milliers de terminaux, de caisses, TPV (terminaux points de vente), etc. reliés en permanence ou par déversement journalier au système central, coûtent très cher. Ils sont donc éventuellement prêts à vendre leur information.

Pour faire baisser les prix d'achat, ils sont prêts à passer des accords avec les fournisseurs en leur permettant de diminuer leurs coûts :

– en régulant leur production ;

– en diminuant leurs stocks de produits finis, d'en-cours et de matières premières ;

– en travaillant avec eux pour une meilleure organisation des promotions et des lancements de produits ;

– en les aidant à définir leurs nouveaux produits, le marketing-mix et les assortiments.

Pour ce dernier objectif, l'analyse des ventes aux caisses enregistreuses avec le *data mining* peut être un outil intéressant pour analyser des corrélations d'achat et segmenter leur clientèle afin d'organiser au mieux le merchandising. Les producteurs peuvent les aider à faire ce qu'ils ne savent pas toujours bien faire : le marketing de leurs propres produits (MDD) et des promotions, le marketing de sortie consistant à augmenter la valeur des achats par consommateur (valeur du caddy moyen), par opposition au marketing d'entrée qui consiste à faire venir le plus grand nombre de consommateurs.

Il y a donc une demande latente des distributeurs et des producteurs pour une collaboration plus soutenue, mais cette demande est difficile à concrétiser pour plusieurs raisons :

– Elle se situe à l'intérieur d'une relation d'achat, ce qui la rend difficile. On parle parfois d'ECR entre un producteur et ses fournisseurs comme, par exemple, entre un assembleur automobile et ses sous-traitants. Il est évident qu'une telle collaboration de longue durée présente des avantages avec des politiques de juste-à-temps, de prévisions, de diminution progressive des coûts, de rapprochement d'usines et d'ateliers, etc. Mais le véritable ECR entre un producteur et un distributeur est nettement plus difficile à réaliser.

– Elle suppose une répartition des bénéfices dus à l'ECR entre les deux entreprises ; particulièrement les distributeurs qui profitent moins de ces économies que les producteurs veulent une compensation, ce qui suppose que l'on puisse négocier en analysant les coûts et les économies réalisées, ce qui est toujours difficile.

– Cette collaboration suppose des partages d'information avec des moyens matériels qui demandent une certaine durée et une certaine confiance entre

les partenaires. Les transferts de responsabilité ne sont pas non plus simples à réaliser dans le cas de GPA. Non seulement il faut que le distributeur ait confiance dans son fournisseur mais encore il faut prévoir les responsabilités de chacun en cas de rupture de stock en linéaire ou en magasin, etc.

– L'ECR peut même demander une collaboration entre producteurs. En effet, pour procéder à l'allotement des produits nécessaires à un rayon, il faut rassembler dans un même *roll* ou une même palette des produits de fournisseurs différents. On peut supposer que les différents fournisseurs d'un même distributeur ou de plusieurs distributeurs livrent leurs produits à une même plate-forme qui procède à ces allotements. C'est encore une nouvelle forme de collaboration.

Si l'ECR peut donc se réaliser sans trop de difficultés entre grands fournisseurs de marques incontournables et grands distributeurs, il en est tout autrement dans les autres cas. C'est là que l'on voit intervenir ceux qui vont assurer la proportion active de l'ECR : les sociétés d'informatique et les sociétés de conseil.

■ Les sociétés d'informatique et de conseil

On les trouve à l'origine de l'ECR et tout au long de ses développements. Elles vont en effet jouer un triple rôle :

– de promoteur en proposant les concepts et les méthodes, en publiant des articles, voire des ouvrages sur le sujet, en organisant des séminaires de formation et de sensibilisation ;

– de fournisseur d'outils informatiques car tout repose sur des systèmes informatiques pour le transfert et le partage de l'information ;

– d'intermédiaire car il s'agit de mettre en contact des entreprises ayant des intérêts opposés, de procéder à des analyses, et particulièrement des analyses de coûts toujours sensibles, acceptables par les différentes parties, de proposer des règles équitables, d'animer des associations spécialisées, etc.

Ces sociétés d'informatique et de conseil ont bien entendu intérêt à développer une telle activité qui est une activité de longue durée et où elles peuvent se créer une compétence nouvelle et parfois exclusive. Certains pensent avec humour que ces sociétés ont été les premières bénéficiaires de l'ECR.

Pour rendre acceptable la doctrine de l'ECR, il fallait qu'elle soit présentable et donc n'affiche pas un aspect trop mercantile et surtout qu'elle n'ait pas l'air de modifier les règles de la concurrence. C'est sans doute pour cela que le consommateur et la satisfaction de ses besoins ont été mis en avant avec cette idée qui n'est pas fausse que les gains effectués profiteraient en définitive au consommateur par le simple jeu de la concurrence, à condition de diffuser largement les pratiques correspondantes.

■ Les entreprises de logistique

Les entreprises de logistique auraient pu être des promoteurs importants de l'ECR. Elles possèdent en effet, pour les plus importantes d'entre elles, la capacité de traiter les problèmes logistiques des producteurs et des distributeurs en leur fournissant un cadre comptable et opérationnel apte à faciliter l'ECR. On a même vu que leur intervention pouvait être indispensable pour arriver à créer une collaboration globale entre fournisseurs et distributeurs et

non plus seulement entre un distributeur et un fournisseur. Ceci n'a pas été le cas pour plusieurs raisons :

– le développement des grandes entreprises logistiques capables de remplir de telles missions est relativement récent et la plupart n'avaient pas la maturité suffisante pour s'insérer dans les dispositifs d'ECR ;

– force est de constater que le recours à l'externalisation logistique s'est principalement fait sur des motivations de baisse des coûts. Ce critère de réduction des coûts n'a pas véritablement permis aux prestataires logistiques d'investir dans le développement de compétences et de solutions à la hauteur des enjeux révélés par des expériences pilotes développées au sein de l'ECR.

– pour pouvoir intervenir de façon déterminante et non en simples fournisseurs de prestations logistiques, ce qu'elles ont fait, il aurait fallu que ces entreprises aient une maîtrise de l'informatique qui permette de piloter ces flux de données et de produits ; or, ce n'était pas le cas mais, au contraire, celui des grandes entreprises de production ou de distribution qui se sont faits les champions de l'ECR (Procter and Gamble, Wal-Mart, Coca-Cola, Mart, etc.).

9.5.3 Histoire de l'ECR

■ Wal-Mart et Procter & Gamble

En 1979, Wal-Mart était une entreprise de distribution du sud des États-Unis avec 229 magasins, contre 1 891 à K-Mart, son grand concurrent. Aujourd'hui, Wal-Mart est le plus grand distributeur du monde. En 2007, Wal Mart gérait 979 magasins discount, 2 435 magasins classiques, 586 Sam's Clubs et 128 magasins de proximité aux Etats-Unis pour un total de 4 128 unités auxquelles il faut ajouter au niveau international les pays suivants avec le nombre d'unités entre paranthèse : Argentine (21), Brésil (313), Canada (298), Chine (Wal-Mart 101 ; Trust-Mart 102), Costa Rica (149), Guatemala (145), Honduras (47), Japon (394), Mexique (1 020), Nicaragua (45), Puerto Rico (54), El Salvador (70) and Royaume-Uni (352) soit au total au niveau mondial plus de 7 200 points de vente. Sam Walton, son créateur, était un des personnages les plus connus dans le monde, au moins chez les spécialistes de la distribution. C'est aussi un des distributeurs qui fait le plus de profits. Une des caractéristiques importantes de Wal-Mart est son développement informatique exceptionnel. Tous les sites commerciaux sont équipés de terminaux points de vente permettant de suivre les ventes, référence par référence. Reliées par satellites, les données sont rassemblées tous les jours dans une énorme base de données qui permet de piloter l'ensemble de l'organisation. Face à cette expansion, un de ses fournisseurs les plus importants, Procter & Gamble, a proposé à Wal-Mart de gérer lui-même le réapprovisionnement des dépôts et des magasins en ayant accès aux données de Wal-Mart. Le système informatique mis au point à cette occasion a été ensuite racheté par IBM qui en a assuré la promotion sous le nom de CRP (*Continuous Replenishment Program*) ou de CPR – en américain CPR signifie aussi *Cardio Pulmonary Ressuscitation* ! On parle aussi souvent de VMR (*Vendor Managed Replenishment*). Le transfert des commandes des hypermarchés et supermarchés vers les distributeurs s'effectue à travers le réseau IBM vers un centre serveur sur lequel les fournisseurs peuvent récupérer ces informations pour décider des

réapprovisionnements du distributeur. On n'en est pas encore à communiquer systématiquement les données de vente provenant des caisses enregistreuses, mais c'est bien le sens dans lequel s'organiseront les futurs moyens informatiques de l'ECR.

■ Des objectifs politiques puis associatifs

L'idée d'une systématisation de ces procédures est née ensuite aux États-Unis en 1991, à partir d'une étude de l'administration américaine sur les meilleures façons de lutter contre la délocalisation dans la confection. Il était apparu que le consommateur veut suivre la mode très vite et que les fabrications délocalisées ne pourraient lutter si distributeurs et fabricants travaillaient en partenariat pour se transmettre très rapidement les données sur les ventes. Le fabricant pourrait alors diminuer ses stocks et produire juste à temps de telle sorte que le distributeur suive la demande très rapidement. Bien évidemment, une telle politique suppose que l'EDI soit en place pour assurer très rapidement les transferts d'information, et le mouvement américain VICS (*Volontaries for Industrial Communication Standards*) a joué un rôle important en cette affaire.

Une autre étude a été lancée aux États-Unis en 1992, par le Food Marketing Institute, avec le concours du Cabinet Kurt Salmon Associates. C'est cette étude qui a abouti au nom d'ECR et a mis en avant des avantages extrêmement importants qui n'ont pas manqué de frapper les esprits :

– une économie prévue de 30 milliards de dollars par an ;

– une baisse des prix de vente au public prévue de 10,8 % pour 1996 ;

– des réductions drastiques des stocks : de 40 à 100 % chez les distributeurs

– une productivité améliorée des acheteurs ou au moins des approvisionneurs ;

– une meilleure qualité de service par lissage des flux ;

– une diminution des retours pour invendus, litiges, coûts administratifs, etc. ;

– un meilleur taux de chargement des camions (de 30 à 45 palettes par camion), etc.

La démarche proposée prenait un caractère institutionnel avec un rassemblement paritaire autour d'une association de détaillants, grossistes et producteurs, avec 5 chantiers de base :

– recherche des meilleures méthodes (*best practices*) ;

– outils et technologie ;

– formation et management ;

– définition de standards de coûts et de suivis ;

– résolution des problèmes spécifiques des indépendants.

Avec l'aide d'IBM et du cabinet Arthur Andersen, les idées principales de ce que l'on allait appeler l'ECR (*Efficient Consumer Response*) allaient conquérir le monde.

L'ECR s'est répandue aux États-Unis et en Australie à partir de 1992. Dès 1993 se créait une association italienne. Puis en 1995, s'est constitué en Europe un ECR Executive Board pour promouvoir cette doctrine avec 12 industriels et distributeurs (Auchan, Promodès, Danone, groupe Mars, Unilever, etc.).

■ La gestion partagée des approvisionnements (GPA)

L'ECR s'est manifestement développée plus lentement en France que dans les pays d'Europe du Nord, y compris les Pays-Bas, la Grande-Bretagne, l'Allemagne et même l'Italie du Nord. L'association ECR France n'a été créée qu'en 1997 et aurait eu, fin 1999, 85 membres, ce qui est peu. Cependant, elle s'est par la suite développée de façon importante particulièrement à travers la GPA. Comme on l'a vu, les débuts de l'ECR peuvent être rapportés aux accords passés entre Wal-Mart et son fournisseur Procter & Gamble pour que ce dernier assure la gestion de ses produits dans les entrepôts du premier. La technique de gestion partagée des approvisionnements est apparue d'abord aux États-Unis puis en Europe, à la fin des années 1980. On estimait à l'époque que les relations souvent conflictuelles entre la grande distribution et l'industrie et l'importance des promotions conduisaient la distribution à :

– des stocks très importants tant chez les producteurs que les distributeurs ;

– des taux de service médiocres (beaucoup de ruptures de stock) ;

– des coûts logistiques de transport et de manutention importants (transports très fréquents de petites quantités).

On peut considérer deux types de GPA selon les informations échangées entre producteur et distributeur :

– la GPA à partir des données de sorties d'entrepôt comme dans l'exemple précédent (le producteur connaît bien entendu les entrées qu'il a livrées) ;

– la GPA via les données de sortie des caisses enregistreuses qui permet une appréhension plus rapide de la demande mais exige chez le distributeur une organisation informatique plus complexe. C'est la technique préconisée par Wal-Mart aux États-Unis.

On peut considérer aussi deux types de GPA selon la propriété des stocks chez le distributeur :

– le distributeur peut rester propriétaire des stocks entreposés dans ses magasins ; de toute façon il ne paye la marchandise qu'au bout d'un ou plusieurs mois, ce qui lui permet de placer les produits correspondants des ventes car les marchandises ont de nombreuses rotations pendant ce temps ;

– le producteur peut rester propriétaire de la marchandise tant qu'elle n'a pas quitté l'entrepôt du distributeur (technique Wal-Mart), ce qui reporte les coûts de stock sur le producteur.

Le succès de la GPA est indéniable en Europe ou en Asie comme aux États-Unis. Si on regarde la place actuelle de la GPA dans la grande distribution française à dominante alimentaire, on s'aperçoit que les distributeurs les plus avancés gèrent plus de la moitié de leurs approvisionnements en GPA pour les produits d'épicerie (hors produits frais). De plus, on constate que la GPA n'est plus la prérogative du secteur alimentaire : elle s'étend également aux produits de bazar, électroménager, outillage, etc.

Du côté des industriels, 60 % des adhérents d'ECR France l'appliquent déjà et plus de 20 % l'envisagent à court terme. Les plus avancés ont atteint la masse critique avec plus de 50 % de leur volume traité en GPA. Comme le déclarait en 2004 Isabelle Bellaïche, responsable ECR de Supply Coca Cola Entreprise : « Aujourd'hui, environ 50 % du chiffre d'affaires grande distribu-

tion de Coca Cola Entreprise passe par la GPA. L'objectif est de passer à 70 % d'ici 2005. Nous souhaitons également étendre les déploiements GPA vers d'autres types de réseaux de distribution et notamment vers notre activité "hors foyer" (hôtels, restaurants, bars…). Mais pour le moment, les acteurs et les processus d'approvisionnement sont dans un état de maturité moins avancé ».

Les gains de la GPA en France sont importants mais ce ne sont peut-être pas ceux que l'on attendait à la suite des premières études.

En ce qui concerne la réduction des stocks, la situation n'était pas comparable avec celle des États-Unis où est né l'ECR. Comme l'explique Olivier Labasse, secrétaire général d'ECR France : « S'il nous reste des progrès à faire, nous ne stockons pas forcément plus que les autres, et parfois nettement moins. En 1997, les distributeurs américains s'étranglaient avec 104 jours de stock d'épicerie sèche contre seulement 58 jours en France[1]… » Les fournisseurs et la logistique amont ne sont probablement que peu responsables des ruptures de stock en linéaire. Comme l'a montré le groupe de travail d'ECR France qui a effectué l'étude de 2000 sur les ruptures en linéaire, 80 % des causes de rupture sont dues à l'environnement du magasin et non à l'approvisionnement amont. On peut cependant aussi penser que la faible importance de cette dernière cause de rupture est due à l'importance de la pratique de la GPA ! Quant à la réduction des coûts de transport, il n'est pas certain que le renforcement du juste-à-temps entraîné par la GPA, aille dans ce sens.

En fait, la GPA, comme les autres « bonnes pratiques » de l'ECR, va dans le sens d'une transformation des relations entre les distributeurs et les fabricants, particulièrement les grands producteurs incontournables. Les uns et les autres y trouvent des intérêts différents et toutes ces pratiques ont tendance à se développer.

■ Le développement du CPFR (*Collaborative Planning Forecasting and Replenishment*)

On a cité le CPFR parmi les techniques de l'ECR et l'on a décrit rapidement en quoi il consiste au chapitre 7 sur la prévision (§ 7.8.2). Le CPFR est cependant beaucoup plus qu'une prévision collaborative. La gestion partagée des approvisionnements après des débuts parfois difficiles est devenue, d'ailleurs sous la pression de la grande distribution, une technique normale d'approvisionnement pour les principaux producteurs. Elle est cependant difficile à pratiquer :

– les sorties des plates-formes distributeurs, connues parfois avec des périodicités inadéquates, ne traduisent pas exactement la consommation finale, loin de là ;

– la prévision de l'incidence des promotions devient vite, comme on l'a vu, un problème insoluble sans une étroite coopération entre distributeur et producteurs ;

– la réservation de stocks sur les plates-formes de distributeur complique le DRP et peut être la source de ruptures de stocks ailleurs ;

1. *LSA*, 25 février 1999.

– enfin la plupart des producteurs n'arrivaient pas à intégrer DRP et MRP pour lisser des programmes de production perturbés en permanence par des événements imprévus.

Il fallait donc aller plus loin dans la coopération entre producteurs et distributeurs et le graphique simplifié du chapitre 7 (§ 7.8.2) montre bien la procédure générale élaborée aux États-Unis par le VICS (Voluntary InterIndustry Commerce Standards). Le CPFR est donc devenu en quelques années incontournable au moins pour les majors de la production et de la grande distribution. Il s'agit là bien plus que d'une mode mais de la poursuite d'un mouvement engagé depuis les premières expériences ECR[1].

9.6 Quelques exemples de logistiques de distribution

9.6.1 Distribution des produits ultra-frais[2]

■ Marché

Les produits frais et ultra-frais étudiés ici sont des produits laitiers : yaourts, desserts, fromages frais, etc.

Ils se caractérisent :

– par des durées de vie limitée. La date limite de consommation (DLC) est fixée par la législation 24 jours après la fabrication. Mais les consommateurs préfèrent des articles ayant la DLC la plus éloignée de telle sorte que les distributeurs refusent des articles ayant moins de 17 jours d'ici la DLC. On peut relever que cette durée de vie a tendance à s'allonger car elle était de 12 jours en 1960. Cette durée de vie limitée et le délai qui reste au fabricant pour produire et livrer lui imposent de réaliser des prévisions très exactes pour produire exactement les quantités qui vont être demandées par les distributeurs. Les stockages doivent être extrêmement brefs. Il faut ensuite réduire au minimum les délais de livraison ce qui implique de réduire les étapes de manutention ou de stockage avant l'arrivée en linéaire ;

– par le respect de la continuité de la chaîne du froid. Ce respect est indispensable pour ralentir l'évolution biologique du produit. Mais comme le produit est à cycle de vie très court, les livraisons sont fréquentes ce qui rend la logistique relativement complexe. Ce besoin conduit donc à disposer de moyens spécialisés d'entrepôt et de transport ;

– par de multiples marques mais avec un degré important de concentration : en France, 4 marques (Danone, Yoplait, Chambourcy, MDD) représentent 81,5 % des parts de marché fin 1993 ;

– par de multiples produits (yaourts, nature ou aux fruits, aromatisés, crèmes, etc.) avec une gamme qui a été multipliée par 10 en 30 ans ;

---

1. Sur le CPFR, on se reportera à l'ouvrage de Thierry Jouenne (2000) qui, adapté pour la France d'une publication du VICS, propose une méthodologie de mise en place illustrée par de nombreuses expériences.

2. La présentation qui est faite ici de la distribution des produits extra-frais est empruntée pour une grande part à une étude de l'Institut des hautes études logistiques (IHEL), étude très riche à laquelle on se reportera et qui a été effectuée à partir des cas de Yoplait et du secteur des produits frais de Auchan.

– par une croissance continue du marché ; cette croissance a cependant tendance à se réduire depuis quelques années après avoir atteint un taux de pénétration élevée et une consommation forte : 36 kg en 1994 pour 3,7 kg en 1960 ;

– par un volume important : ces produits représentent environ 4,5 % du CA d'un distributeur en alimentation.

■ Participants à la chaîne logistique

□ Les producteurs

Dans le cas du producteur analysé dans cet exemple, son organisation s'est profondément transformée depuis vingt ans. Dans les années 1960, il livrait 135 000 tonnes de produits à partir de 150 dépôts régionaux directement à des points de vente. Au début des années 1980, il n'y avait plus que 50 dépôts pour livrer 290 000 tonnes de produit. À la fin des années 1980, le nombre des plates-formes régionales se réduit à 8 dont 3 en sous-traitance pour se réduire en 2007 à 4 dont 2 en sous-traitance.

Ces plates-formes livrent à 80 % en tonnage des plates-formes de distributeurs (hypermarché), à 12 % des supermarchés en livraison directe et à 8 % des hypermarchés, également en livraison directe. Les plates-formes sont parfois partagées en une partie producteur et une ou plusieurs parties affectées exclusivement à une enseigne à partir desquelles sont livrées directement les surfaces commerciales.

Les livraisons sont effectuées à partir des plates-formes soit par le producteur avec ses moyens propres dans un rayon de 100 km ou pour les livraisons importantes (hypermarchés, actions promotionnelles) dans un rayon de 200 km, soit par des dégroupeurs ayant leurs plates-formes propres dans un rayon de 100 à 200 km.

□ Les distributeurs

La plupart ont leurs propres plates-formes spécialisées soit en propre soit en sous-traitance, mais l'on voit cette sous-traitance s'étendre à l'entrepôt du producteur dont certaines parties peuvent être affectées à une enseigne, à partir desquelles le distributeur effectue les livraisons à ses points de vente.

■ Délais et procédures

Dans le cas de Yoplait, les commandes sont passées par les clients de 9 h à 12 h, sont livrées le jour même de 17 h à 22 h dans 60 % des cas et le lendemain avant 9 h dans les 40 % des cas restants. Le taux de rupture est de 1 %. Ceci suppose que les entrepôts soient approvisionnés auparavant. Le délai d'approvisionnement de l'usine est de 0 à 2 jours, le délai de fabrication de 52 heures et le délai de transfert à l'entrepôt de 1 journée.

Le délai de 7 jours s'explique par l'horizon de planification de production gelé fixé à 1 semaine.

Les prévisions sont donc un facteur capital de l'organisation logistique Ainsi un autre producteur, le groupe Danone, après avoir utilisé entre 1980 et 1985 une méthode centralisée sur un ordinateur situé au siège de la société est revenu à une procédure comprenant les étapes suivantes (Becker, 1995) :

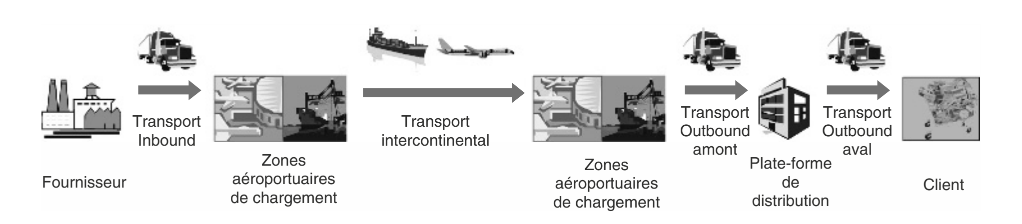


Figure 9.6 – Les étapes clés d'une chaîne logistique Grand Import.

– prévisions hebdomadaires par les gestionnaires de stock à partir d'un historique des ventes des 2 semaines précédentes et de l'état des stocks ;

– regroupement de ces prévisions et éclatement par jour et par parfum en fonction de statistiques conservées dans l'ordinateur central ;

– transformation en « prévisions de réception » à partir de l'état des stocks et en tenant compte des unités de transport ;

– transmission aux usines de prévisions sur 2 semaines revues quotidiennement afin de leur permettre d'ordonnancer leur production.

Chez Yoplait les prévisions à destination des usines sont établies en semaine S – 3 pour les semaines S et S + 1 avec un plan d'approvisionnement établi en S – 2.

La difficulté est que le producteur n'a pas directement accès aux statistiques de consommation des points de vente. Il reçoit des commandes, et plus rarement des prévisions, des plates-formes fournisseurs ou des magasins, mais ces commandes ne reflètent qu'imparfaitement les consommations réelles : elles sont biaisées par les reconstitutions périodiques de stocks ou de rayons, les à-coups promotionnels, etc. Le distributeur peut avoir 4 à 5 jours de stock sur plates-formes et il peut avoir tendance à passer ses commandes principalement le vendredi (pour le lundi) ou le lundi. On comprend l'intérêt des producteurs pour une démarche ECR susceptible de faire gagner beaucoup en qualité des prévisions puis en délais de commandes.

9.6.2 La distribution dans le contexte de la mondialisation.

La recherche d'une plus grande compétitivité pour les distributeurs s'accompagne d'une augmentation des sourcings dits du Grand Import. Toutes les enseignes n'en sont pas au stade de Carrefour qui exporte quelque 50 000 containers d'Asie dont 70 % de la seule Chine.

La figure 9.6 représente les étapes clés d'une chaîne logistique Grand Import.

Dans cette approche plusieurs problématiques doivent être traitées :

– la plus grande maîtrise des flux d'approvisionnement depuis les fournisseurs qui peut conduire à une modification de l'incoterm qui figure dans le contrat d'achat à savoir une évolution du FOB (*Free On Board*) vers un incoterm EXW (*Ex Works*) ou FCA (*Free Carrier Along*) ;

– l'élimination des envois par LCL (*Less Container Load*) et leur remplacement par des FCL (*Full Container Load*) ;

– la nécessité de prendre en compte les différents types de produits selon que l'on parle de produits permanents, saisonniers et promotionnels ;

– le contrôle qualité des produits à la source est un élément critique pour éviter les surprises désagréables à l'arrivée des produits ;

– la sécurisation des délais pour respecter les rétro-plannings qui cadencent les commandes (*PO : Purchase Order*) et ce, en particulier pour les produits promotionnels pour lesquels le respect des dates est strictement fondamental ;

– la nécessité de vérifier qu'une opération Grand Import est rentable et qu'au-delà d'un prix d'achat facial attractif, la marge sur coût global est positive. Notre expérience nous conduit à distinguer 3 tranches de valeur de containers EVP (Equivalent Vingt Pieds) à savoir inférieure à 10 000 euros, entre 10 000 et 25 000 euros et au-delà de 25 000 euros. Les calculs de coûts complets montrent que le surcoût logistique comparé à une solution de sourcing domestique varie de 35 à 50 % de la valeur du produit. Il ne faudrait donc pas que l'effet recherché d'une plus grande compétitivité prix soit finalement démenti au niveau des résultats réels ;

– la réduction des stocks outils et de sécurité par un meilleur lissage des expéditions tout en respectant le critère FCL et la mise sous contrôle des facteurs de risque.

Pour répondre à ces problématiques un ensemble de solutions sont envisageables telles que :

– la maîtrise du flux *inbound* (part de la chaîne logistique du point de sourcing au port d'expédition). Cette maîtrise doit s'accompagner d'un programme quasiment éducatif des fournisseurs pour que ceux-ci respectent les cahiers des charges opérationnels comme ce qui a été mis en place à partir de 2007 par Carrefour en Chine en s'appuyant à la fois sur Géodis et Kuehne & Nagel auxquels ont été affectées des zones géographiques spécifiques et le choix de 2 ports d'embarquement que sont Ningbo au Nord et Yantian au Sud de la Chine ;

– la délocalisation des activités à valeur ajoutée déjà qualifiées dans cet ouvrage d'opérations de *post manufacturing* telles que l'étiquetage, le kitting, l'emballage, le marquage des produits (en particulier les produits à marque distributeur) de la partie *outbound* (aval) de la chaîne logistique vers la partie *inbound* (amont) de celle-ci. L'une des opérations visées par la délocalisation est la préparation de commandes pour chaque magasin au niveau de la CFS. Cette solution qui permet de minimiser les coûts ne peut s'envisager sans l'intégration des systèmes d'information de gestion des commandes avec le WMS du prestataire qui prélève les produits dans le stock. C'est la solution mise en place par Géodis pour le compte du distributeur allemand Praktiker filiale du groupe Métro pour les articles de mobilier et accessoires de jardin (*outdoor*) à partir du port de Tanjung-Pelepas ;

– une *Route To Market* qui privilégie la mise en œuvre de sites logistiques de massification amont appelés CFS (*Consolidation Freight Station*) qui seront situés ou non en zone sous douane pour fluidifier le flux. Le site de Tanjung-Pelepas en Malaisie mis en place par Géodis lui permet de consolider les flux issus des pays sud-asiatiques. La figure 9.7 illustre ce type de solution.

– la mise en place de solutions de traçabilité qui permettent d'anticiper des problèmes et de mettre en place des solutions ;

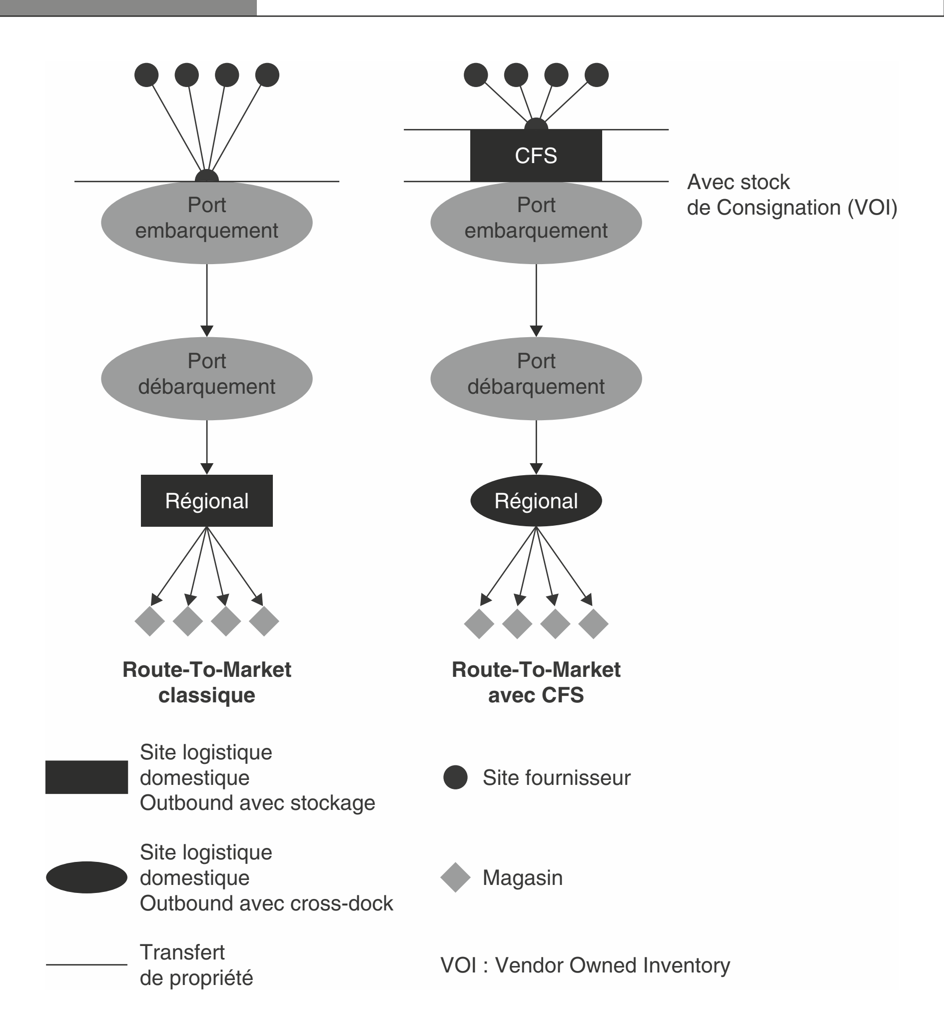


Figure 9.7 – Solution Route-to-Market.

– une organisation des opérations import-export selon 4 solutions génériques :

- Solution 1 : Pas de pilotage en propre mais réalisé par et sous le contrôle de tiers selon les indications du donneur d'ordre (modèle sous-traitance) ;
- Solution 2 : Pilotage *Inbound* local (modèle exportateur) s'appuyant sur une cellule de pilotage (par le donneur d'ordre) locale dont le but est de : Maîtriser les opérations (industrielles et logistiques) et les opérateurs *inbound* ; Maîtriser les opérations d'exportation ; Garantir la qualité produit en identifiant les dysfonctionnements avant le transfert ; Contrôler et réguler les transferts. C'est la solution déployée par Carrefour qui compte en 2007 déjà 300 personnes localisées en Asie ce qui lui permet de mieux contrôler ses fournisseurs tout en réduisant les stocks. Dans ce modèle, les fournisseurs approvisionnent des stocks en fonction de prévisions d'achat mensuelles et les produits ne sont facturés par les fournisseurs qu'à la sortie des stocks ;

- Solution 3 : Pilotage *Inbound* central (modèle importateur) depuis le point de *sourcing* jusqu'au port d'arrivé afin de maitriser en plus du pilotage *Inbound* Local le transport maritime et les opérations douanières d'importation au port d'arrivée ;
- Solution 4 : Cellule *End to End* Grand Import (modèle intégré bout en bout) en charge du pilotage global intégré des flux du point de *sourcing* jusqu'au point de livraison terminal en s'appuyant sur des équipes centrales et locales.

Les évolutions mentionnées ci-dessus ne peuvent se mettre en place de manière opérationnelle qu'en respectant les conditions suivantes :

– une bonne connaissance des pratiques logistiques et de transport dans les pays d'exportation et une démarche de benchmark qui permet de comprendre quelles solutions sont réellement opérationnelles ;

– le recours systématique à des prestataires logistiques de 1er plan qui apporteront une compétence de l'environnement local, la possibilité de variabiliser au maximum les coûts et de mutualiser les ressources. Le choix du prestataire ad hoc est bien évidemment critique ;

– le déploiement des solutions selon une approche incrémentale en termes de produits, de pays sourcings, de fournisseurs, de réseaux de vente et enfin de volumes traités ;

– la définition de solutions en fonction de la nature des produits ;

– la mise en place de contrôles qualité tant au niveau des produits que des processus opérationnels pour s'assurer que les cahiers des charges sont respectés et éliminer tous les facteurs de risque ou du moins les réduire drastiquement.

La démarche que nous préconisons suit les 4 étapes suivantes :

– une analyse stratégique qui permet de construire une vision partagée. Trop souvent les états-majors des entreprises déclarent le Grand Import comme un objectif à atteindre mais sans mesurer les conséquences en termes d'organisation, de processus et d'outils opérationnels y compris les systèmes d'information. Cette démarche permet de bien définir les scénarios possibles et d'en évaluer les enjeux et les risques associés ;

– une analyse de la chaîne de valeur en termes financiers qui permet d'identifier les leviers générateurs de gains et de formaliser les *business cases* de chacun des scénarios ;

– une analyse des processus et des outils propres à chaque scénario envisagé ;

– la définition du contrôle opérationnel qui s'appuie sur des indicateurs de mesure de performance, une éventuelle tour de contrôle pour piloter et suivre les flux et une mise à plat des compétences nécessaires.

9.7 La logistique du dernier kilomètre : VAD et B2C

9.7.1 L'importance du dernier kilomètre

Le chapitre 1 a montré comment, lorsqu'un flux descend une arborescence, à chaque nœud le flux entrant se décompose en plusieurs flux sortants et les coûts unitaires de transport augmentent exponentiellement lorsqu'ils se réduisent. Ceci s'applique très bien aux coûts de distribution pour lesquels les

produits provenant des usines descendent une arborescence à travers des plates-formes de distributeurs, puis des GMS, puis enfin des clients individuels. Le coût unitaire le plus élevé est alors le coût du dernier kilomètre qui peut être plus élevé que tous les coûts subis précédemment par les mêmes produits au long de la *supply chain*. Cette expression « dernier kilomètre » est d'ailleurs une traduction de l'expression américaine *last mile* qui désigne ce dernier maillon de la chaîne logistique.

Les Américains parlent volontiers du cauchemar du dernier mile qu'ils opposent aux 499 miles qui le précèdent dans la *supply chain* : les distances sont plus importantes aux États-Unis entre fournisseurs et GMS. En effet ces 499 miles ne posent pas de problèmes particuliers dans une chaîne logistique bien rodée. Ils sont relativement bon marché. Reste alors ce dernier mile presque aussi coûteux, voire plus, que tous les autres.

Le problème est en effet de savoir qui va supporter ce coût et comment. La distribution historique représentait un premier compromis pour des consommateurs se déplaçant surtout à pied avec des boutiques proches de chez eux. La multiplicité des points de vente à faible clientèle et petits stocks avec des réapprovisionnements fréquents en faisait cependant un système coûteux. La grande distribution par GMS s'est efforcée de réduire les coûts en reportant sur le consommateur l'essentiel de cette logistique du dernier kilomètre, mais il n'est pas très facile d'évaluer ce que cela lui coûte :

– 2 fois 5 km en voiture, distance moyenne du domicile du consommateur à la GMS ;

– 1 à 2 heures de conduite, *picking*, temps d'attente à la caisse et manutention.

En moyenne, ce coût ne serait pas inférieur à 15 euros, si l'évaluation de la valeur du temps passé par un consommateur a un sens, car ces coûts sont en partie indolores dans la mesure où aller faire son marché est pour beaucoup d'entre eux une occupation relativement agréable encouragée par le décor, la musique et les animations, etc.

Une autre approche consiste à calculer combien coûte la livraison à domicile d'un caddie pour une GMS de centre ville qui se doit de proposer, à titre onéreux ou gratuit, ce service à des clients qui ne peuvent pas toujours parquer leur véhicule à proximité. Ce service qui ne comprend pas le *picking* est facturé de 8 à 15 € par les entreprises spécialisées qui le réalisent pour le compte de distributeurs. Il est vrai que de tels caddies comprennent une part plus importante de produits lourds ou encombrants et de peu de valeur que le consommateur ne veut pas transporter, eaux minérales, litières pour animaux, etc. Par rapport à un caddie de 110 € de marchandises, le coût de cette logistique partielle du dernier kilomètre est donc de l'ordre d'au moins 10 %, ce qui est supérieur aux coûts de transport et de manutention qui sont dans la grande distribution de l'ordre de 3 à 8 %.

À ces coûts s'ajoutent d'autres catégories de coûts qui peuvent être importants si l'on veut livrer le consommateur :

– Le coût du paiement à la livraison : c'est une forme classique de paiement qui oblige le transporteur à remettre la facture, recevoir et vérifier le chèque, enregistrer la recette, le renvoyer avec bordereaux au vendeur, etc. ; une telle procédure exige des conducteurs spécialement formés et est évidemment plus longue que la simple délivrance d'un colis, en plus des coûts non négligeables

de la procédure ; des frais sont le plus souvent comptés au client pour cette prestation mais ces frais ne couvent pas nécessairement l'intégralité de la prestation.

– Le coût des échecs à la livraison par absence du client. Il faut alors selon les règles classiques des contrats de transport, conserver la marchandise dans un lieu situé à proximité (relative) du client et la lui remettre lorsqu'il viendra la chercher ; c'est une prestation qui peut être très coûteuse. En effet, hors le samedi et le dimanche, beaucoup de clients éventuels ne sont pas chez eux aux heures normales pour recevoir ce qu'ils ont commandé. Une solution pourrait être d'assurer la livraison sur le lieu de travail. Ceci suppose, par exemple, un accord avec une GMS qui installe un magasin de livraison dans un immeuble de bureaux ou un parking. On voit même se développer des « drive-in » où les automobilistes peuvent aller récupérer les marchandises commandées et préparées à l'avance.

– Le coût des retours : un client peut refuser la marchandise (loi Scrivener) ou ne pas venir la prendre ; il faut alors la retourner au commerçant avec des frais de procédure, de transport et de manutention importants. Au retour en entrepôt, il faut examiner l'état des produits, prévoir un reconditionnement éventuel et traiter le dossier avec un coût important.

9.7.2 Le développement du e-commerce : le B2C

L'e-commerce peut prendre bien des formes comme le montre le tableau 9.5.

Tableau 9.5 – Les 4 catégories d'e-commerce avec des exemples.

	Business	**Consommateur**
Business	B2B GM/Ford/Daimler/Chrysler/Renault/PSA (Covisint) Réseaux EDI	B2C Amazon Dell
Consommateur	CDiscount Fnac	C2C eBay

Si le consommateur achète au *business* (fabricant, distributeurs, etc.), il s'agit de B2C (*business to consumers*) et l'on connaît la vente d'ordinateurs par Dell et de livres par Amazon ; si le consommateur achète à d'autres consommateurs, on entre dans une sorte d'économie de troc, le C2C (*consumers to consumers*), alors qu'une nouvelle forme de distribution se dessine, le C2B, où des consommateurs se regroupent pour acheter en commun à meilleur compte à des fournisseurs ; au contraire le B2B, achats d'entreprises à des entreprises, est la branche, semble-t-il, la plus dynamique du e-commerce et son développement, particulièrement avec celui des places de marché, ne peut être ignoré ; cependant, le B2C va poser des problèmes logistiques nouveaux qui correspondent à cette logistique du dernier kilomètre qui nous préoccupe ici.

Le commerce électronique a connu dans les années 1999-2001 un engouement fabuleux au moins du côté de l'offre où les grands distributeurs se sont

presque tous lancés dans cette nouvelle compétition ; en Amérique du Nord on les appelle parfois les *bricks and mortars* (des briques et de la chaux), ce qui désigne une entreprise solidement établie, ou les *clicks and mortars*, lorsqu'ils sont associés avec une entreprise Internet (Cora, Carrefour, Casino, Galeries Lafayette, Intermarché, la FNAC, Leclerc, etc.). Il y eut les nouveaux venus, les *pure players*, quand il s'agit de start-up constituées à cet effet (rue du commerce, cdiscount, g20-livraison, etc.).

Le cas Webvan est emblématique des *pure players* de la grande distribution car son directeur général, Georges Shaheen, a défrayé la chronique en 1999 en quittant la direction d'Andersen Consulting avec un salaire annuel de 4 millions $, pour prendre la direction de Webvan avec un salaire d'un demi-million de dollars. Son ambition était alors clairement exprimée : « Seules une ou deux entreprises gagneront le droit de franchir le seuil des foyers américains pour assurer la livraison et nous serons l'une d'elles ».

Il a réussi à lever, en 1999, 785 millions $ auprès de sociétés de capital risque et à faire son introduction au Nasdaq. Assurant la livraison gratuite en une demi-journée de produits alimentaires et ménagers, il a du faire construire pour 1 milliard $, 26 entrepôts automatisés dans toutes les grandes villes des États-Unis (Chicago, Los Angeles, Seattle, etc.) avec plus de 2 000 salariés. Puis il a racheté son principal concurrent Home Grocer au prix faramineux de 1 milliard $ – payé il est vrai en partie en actions de son entreprise. Il a finalement fait faillite en 2001.

L'explication courante est que le chiffre d'affaires insuffisant n'a pas permis d'amortir les très importantes immobilisations nécessaires pour assurer une logistique extrêmement ambitieuse (livraison gratuite en une demi-journée) et donc très coûteuse.

L'année suivante, en France, on a vu le supermarché en ligne C-mesCourses, filiale commune des enseignes Casino et Rallye, renoncer à son activité. Les deux groupes de distribution expliquaient alors que « le potentiel d'évolution des ventes alimentaires sur Internet ou ses perspectives de rentabilité à court ou moyen terme ne justifiaient pas son maintien dans le porte-feuilles d'activités du groupe ». Parmi ses concurrents directs, il semble qu'aucun d'entre eux (Auchan Direct, Houra, Ooshop, Télémarket) ne soit parvenu en 2007 à une vraie rentabilité.

On peut cependant citer un certain nombre d'exemples de *success stories* ou qui pourraient le devenir. Le cas de Dell est bien connu. Une entreprise comme Dell, qui elle n'est pas un *pure player* mais un professionnel de la VAD du matériel informatique, est très caractéristique : une logistique extrêmement performante permet de réaliser l'approvisionnement en juste-à-temps sur stocks fournisseurs de composants standard du marché et leur assemblage dans le délai de livraison proposé à ses clients avec donc des stocks extrêmement faibles, ce qui offre le double avantage de réduire le coût des stocks et de faciliter les adaptations à une conjoncture très variable et à une évolution technique ultra rapide soumise à la loi de Gosh.

Amazon.com est tout aussi connu. La célèbre librairie en ligne, créée aux États-Unis par Jeff Bezso, qui a étendu ses activités aux machines à laver, aux jouets et aux voitures, s'est implantée en France, après la Grande-Bretagne et l'Allemagne, en 2000. Sa logistique interne a beaucoup évolué

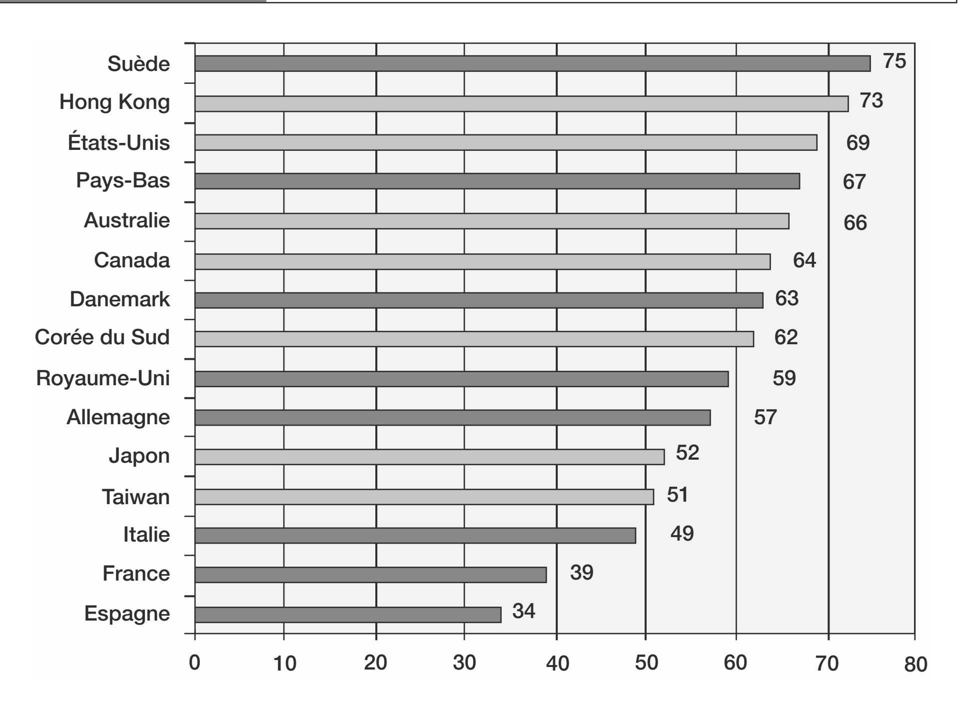


Figure 9.7 – Utilisateurs d'Internet par pays en % de la population (d'après Internet World Stats [Nielsen/Netratings, UIT…], 2004).

en quelques années avec une automatisation progressive du stockage et de la préparation et une externalisation de la distribution. Depuis 2004, elle commence à connaître des trimestres positifs et a réalisé une très bonne année 2007 et un quadruplement du bénéfice par rapport à l'année 2006.

Pour évaluer ce que l'on peut attendre du e-commerce et de son incidence sur la logistique de distribution, il faut tenir compte de plusieurs facteurs :

– le développement de la population des internautes, particulièrement en haut débit, et le temps qu'ils passent sur le Net ;

– la propension qu'ils ont à réaliser des achats en ligne et la nature de ces achats.

Sur le premier point, l'utilisation d'Internet à domicile, au travail ou dans les lieux publics continue de se développer rapidement à travers le monde. En 2007, le nombre d'internautes a pu dépasser le seuil de 169 millions en Europe, selon les estimations de l'EIAA. Cependant la France n'est pas spécialement bien placée en ce domaine comme le montre la figure 9.8[1]. La baisse des coûts de connexion, particulièrement sur le haut débit au cours des années 2003-2005, a certes entraîné un développement rapide du nombre des internautes mais le retard reste encore important.

1. *Tableau de bord du commerce électronique*, SESSI, décembre 2004 (www.men.minefi.gouv.fr).

9.7.3 La logistique de la VAD

Le délai de livraison de la VAD est très variable d'un vépéciste à l'autre et varie même très sensiblement selon les conditions de livraison choisies par le client.

La Redoute propose à ses clients les conditions suivantes :

– le « 24 heures chrono™ » : livraison de toute commande passée avant 12 heures, le lendemain à partir de 12 heures dans un « Rendez-vous catalogue », commerçant qui reçoit les colis de la Redoute et les redistribue aux clients. Avoir si le délai n'est pas tenu ;

– le « 24 heures chez vous™ » : livraison à domicile de toute commande passée avant 12 heures, le lendemain à partir de 12 heures, moyennant un supplément et le paiement par carte. Remboursement du supplément et de l'avoir si le délai n'est pas tenu ;

– la livraison normale à domicile gratuite « en 8 à 12 jours (délais moyens observés pour les articles disponibles) » ;

– la reprise dans un délai de 15 jours des objets dont le client ne veut pas, soit qu'il les renvoie à ses frais, soit qu'il les dépose dans un « rendez-vous ». Livraison à l'étage et branchement gratuit des articles de gros électroménagers avec enlèvement gratuit de l'emballage et de l'ancien appareil.

Les 3 Suisses offrent à peu près les mêmes conditions de délais et de prix, et ont le même système de boutiques (29 en France) et de commerçants assurant les réceptions (3 000 en France).

La logistique de la VAD n'est cependant pas toujours très rigoureuse sur les délais et ses clients l'acceptent assez bien. Les pratiques de « différé de 4 semaines » ne sont pas rares en cas de ruptures de stock, et il arrive même que certains sites ne soient pas en mesure d'informer le client sur le délai nécessaire à la livraison de sa commande. Parfois, même au-delà d'un délai de différé, le client n'est pas prévenu bien qu'il y ait un nouveau retard.

9.7.4 La logistique du e-business

L'importance de la logistique dans l'e-business a souvent été sous-estimée, soit parce que les produits les plus vendus par Internet sont des produits qui n'ont pas besoin d'une véritable logistique mais seulement de transferts d'informations : produits boursiers, voyages, spectacles, etc., soit parce que les aspects logistiques ont été sous-estimés.

Une étude sur les facteurs de décision, c'est-à-dire les facteurs qui permettent de passer à l'acte d'achat ou qui, au contraire, retiennent d'acheter par Internet, montre que les facteurs logistiques de SAV et de logistique de livraison jouent un rôle extrêmement important et surtout beaucoup plus important que le prix, ce qui n'est pas le cas de la VAD (figure 9.9).

La qualité de la prestation logistique semble donc être une des clefs du B2C. On a beaucoup parlé aux États-Unis du phénomène de « désintermédiation », phénomène par lequel la vente de produits pourrait désormais s'effectuer directement depuis un producteur ou au moins sans passer par toute la cascade des intermédiaires habituels de la distribution. Or, on revient actuellement à la notion de « réintermédiation », c'est-à-dire à la nécessité de passer

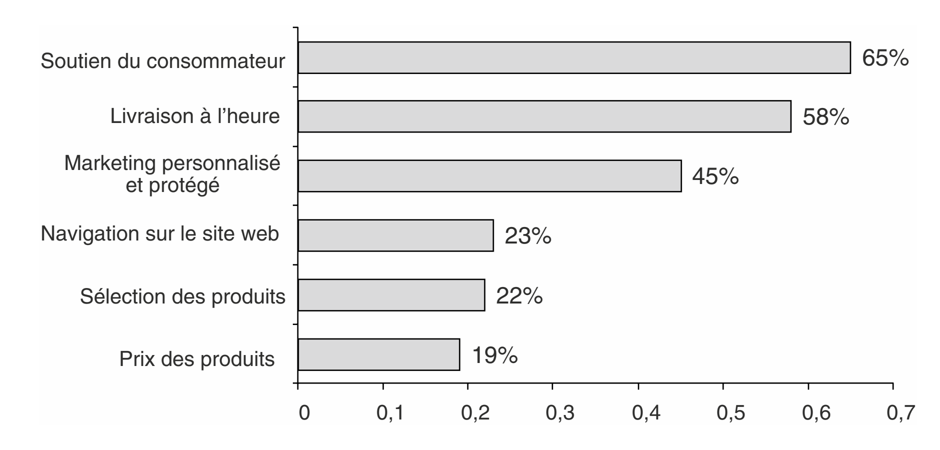


Figure 9.9 – Facteurs de décision de l'achat par les consommateurs (Consumer On-line Report J.-P. Morgan).

par un prestataire d'un nouveau genre qui puisse assumer la fonction logistique pour le compte des e-vendeurs (figure 9.10).

La logistique du e-business a beaucoup de points communs avec la VAD. Elle en diffère cependant sur quelques points qui peuvent être importants. Elle comporte les quatre points classiques :

– achat et entreposage ;

– transport ;

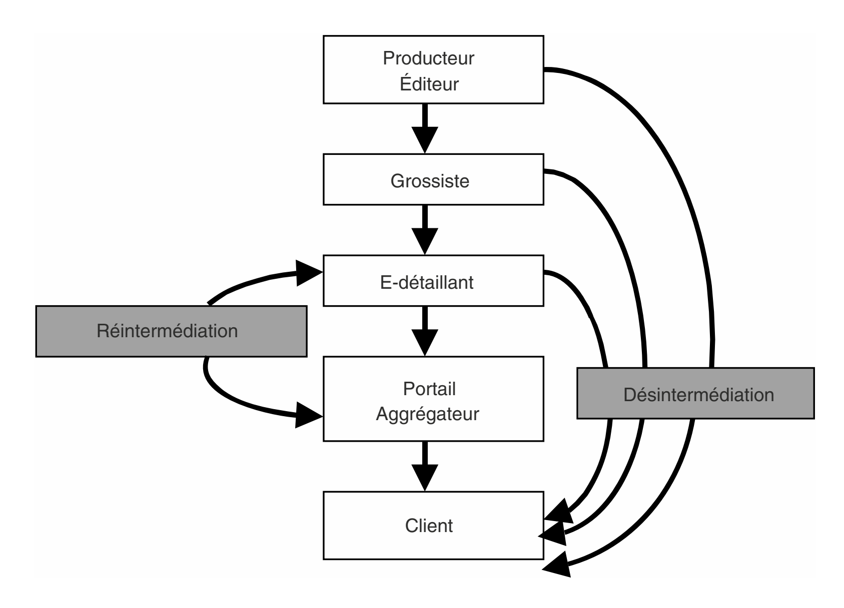


Figure 9.10 – Reconstruire la chaîne de valeur avec le e-commerce (*Benchmark Capital*, *The economist*, cité par R. Ernst).

– systèmes d'information ;
– prestations connexes.

■ Système Internet de commande

Il joue un rôle fondamental, car c'est lui qui doit retenir le client sur un site face à une concurrence qui s'ouvre sur un simple clic.

Il doit permettre aussi au consommateur de trouver facilement les produits qu'il désire, un peu à la façon d'une recherche parmi les rayons qu'il connaît. G20 enregistre dès la première commande une liste-type sur laquelle on n'a plus qu'à mettre les quantités voulues lors de la deuxième visite mais le danger est que le consommateur ne s'intéresse pas aux autres produits proposés. Ooshop propose alors des produits d'accompagnement à l'article sélectionné. La vue de la photo du produit reste un élément fort de la vente, que ce soit sur catalogue ou sur Internet.

Le consommateur doit être rassuré par la notoriété du site, par la connaissance des conditions de vente et de livraison ainsi que sur les modalités de la sécurisation du paiement.

Il doit aussi être certain de recevoir le produit qui lui est présenté et le système informatique doit, à cet égard, réaliser une véritable simulation du *picking* d'un client dans les rayons d'un supermarché. Dès que le client sélectionne un produit, celui-ci doit être réservé dans le stock de telle sorte que s'il n'y en a plus, il n'apparaît plus en rayons. Lorsque le client valide sa commande, la réservation devient définitive et s'il l'annule elle est annulée dans le fichier du stock. C'est une procédure nécessaire du e-business qu'on ne trouve pas dans les autres systèmes.

Ce front-office Internet de prise de commande du type CRM (*Customer Relationship Management*) doit donc être connecté avec un back-office logistique qui permet d'assurer toute la gestion logistique : approvisionnement, réception et gestion du stock, ordonnancement des commandes, *picking*, ordres de livraison, gestion des transports, etc., y compris les relations logistiques de front-office : *tracking*, prises de rendez-vous, etc. Souvent d'ailleurs, c'est le système informatique du prestataire logistique qui assure tout ou partie de cette gestion. On ajoute au système informatique les liens avec le *middle-office* ou base de données comptables, commerciales et de nomenclature et catalogue.

■ Magasin et *picking*

Trois cas différents se présentent selon que :

– l'e-distributeur n'a pas de stock et il achète à des fournisseurs ce qui lui est commandé : son entrepôt travaille alors exclusivement en *cross-docking* et ses délais de livraison sont ceux du fournisseur, eux-mêmes variables, + ses propres délais, à moins que la commande ne comporte plusieurs lignes retransmises à des fournisseurs différents, ce qui l'oblige à stocker les produits livrés jusqu'à ce que la commande soit complètement livrée et puisse être reconditionnée puis expédiée ;

– l'e-distributeur a du stock pour une partie de son catalogue et fait appel à des fournisseurs pour une autre partie. C'est particulièrement le cas des vendeurs de livres. Comme l'explique Philippe Pierre Dornier, « sur une offre de 1 million de références dans le domaine des produits éditoriaux, il ne serait

pas étonnant de voir le cœur de l'offre concerner au moins 150 000 à 200 000 références très rapidement. Dès lors, et contrairement aux visions initiales, le modèle des e-retailers devient un modèle réclamant des infrastructures de stockage pour assurer les délais sur le cœur des gammes offertes » (Dornier, 2000). Il doit là encore attendre d'avoir reçu la partie de la commande attendue d'un fournisseur extérieur pour expédier à son client l'intégralité de la commande. Il n'est pas question en effet de multiplier les expéditions alors que les coûts de livraison sont déjà trop élevés par rapport à la marge et, lorsqu'ils sont payants, sont facturés pour une seule livraison ;

– l'e-distributeur a du stock et ne vend que ce qu'il a en stock.

Dès que l'e-commerce prend un peu d'importance, l'entrepôt spécialisé devient nécessaire. Particulièrement, l'entrepôt du fabricant qui sert normalement à livrer des distributeurs est le plus souvent tout à fait inadapté à cette nouvelle forme de commerce : il ne s'agit plus de livrer des palettes, ni même des boîtes mais des unités, de les emballer, etc. L'emplacement des entrepôts est important car il a un impact sur le délai d'acheminement et le coût du transport. On voit ainsi que la plupart des grands distributeurs qui se lancent dans l'e-business créent des magasins spécialisés à proximité des acheteurs pour pouvoir les livrer dans un délai court : la journée par tournée simple. En 1999, Amazon, le site américain de référence a dû construire plus de 7 entrepôts aux États-Unis et a dû continuer en Grande-Bretagne, en Allemagne et en France.

Le *picking* présente cependant une difficulté, car il s'agit de rassembler un nombre important de produits qui sont tous de formes et de dimensions différentes. Il n'est donc pas possible d'automatiser facilement cette opération, et la plupart des magasins de PGC se présentent avec des rayons que parcourent panier au bras des préparateurs de commandes. Seuls les produits volumineux, comme les boissons, peuvent être laissés en palettes complètes. il y a donc une activité permanente non négligeable pour regarnir les rayons. Tout cela est évidemment très coûteux. La vente par correspondance avait réussi à automatiser partiellement le *picking* mais avec des délais moins sévères que ceux du e-business et surtout un beaucoup plus petit nombre d'articles commandés pour chaque commande.

Dans les supermarchés en ligne, travaillant comme la plupart depuis un entrepôt spécialisé, il est important de pouvoir mettre à jour instantanément l'état du stock dès la réalisation de chaque *picking* pour éviter que des clients ne commandent des produits en rupture de stock. Ainsi sur la plate-forme de Bussy-Saint-Jacques de Houra qui propose 50 000 références articles, le préparateur dispose d'un PTC, terminal radio avec lecteur optique de codes à barres. La commande s'affiche sur le PTC. Chaque article est localisé, scanné et déposé dans un panier ou un *roll* selon le volume de la commande. Grâce au PTC et à une communication permanente sous SAP entre le *back-office* et le *front-office*, le stock est géré en temps réel, ce qui permet de proposer aux clients sur le site Internet des produits qui sont encore en stock.

Dans beaucoup de cas, pour des articles spécialisés, nombreux et de forte valeur (livres, CD, vins fins, etc.), le magasin ne contient que les articles les plus demandés et doit donc commander les autres à un fournisseur. La livraison se fait donc dans des délais plus importants et les articles d'une commande prélevés dans le stock doivent attendre l'arrivée de ceux qui sont commandés

pour être expédiés, car on ne peut envisager de faire deux expéditions en multipliant les coûts de livraison. Le système doit donc pouvoir gérer de nombreuses commandes en attente physiquement dans des lieux et dans des récipients de transit, informatiquement pour les retrouver dès que les biens attendus arrivent et pour pouvoir lancer l'expédition dès que la commande est complète.

Le contrôle de l'expédition peut être un point très important pour éviter des erreurs. On peut réaliser un contrôle par les poids, à condition que le système informatique connaisse les poids exacts de chacun des produits et puisse calculer le poids total pour un contrôle en ligne qui tient compte de la tare.

Un aspect important de ce type de commerce est l'adaptation du produit au besoin exact du consommateur : le processus de différenciation retardée. C'est le cas de Dell en ce qui concerne les micro-ordinateurs, puisque chacun des consommateurs qui passe commande peut spécifier sa configuration avec une combinatoire très importante. Il ne s'agit plus alors d'expédier un simple produit catalogue mais de réaliser le regroupement à partir d'un certain nombre d'articles avec d'éventuelles adaptations.

■ Transport et livraison

Les frais d'expédition et leur pourcentage par rapport au prix de l'article commandé varient considérablement d'un produit à l'autre. On admet des ordres de grandeur qui peuvent être ceux-là :

– alimentaire : 20 % en local, 70 % à l'international ;

– habillement : 10 % en national et 40 % à l'international ;

– librairie : 60 % en national et 100 % à l'international ;

– loisirs, objets de collection : 35 % en national et 75 % à l'international.

■ Retours

La vente sur Internet laisse la possibilité au cybernaute de refuser la marchandise lorsqu'elle est livrée, ou de retourner la marchandise dans un délai défini dans les conditions générales de vente. La loi Scrivener et son délai de 7 jours s'appliquent aussi bien à la VPC qu'au e-commerce. Ces retours sont à la charge du client ce qui peut poser des problèmes lorsque le retour correspond à un produit non conforme. La Poste songe bien à proposer à des vépécistes des « points contacts » où les clients pourraient déposer leurs retours.

On notera que les taux de retours du e-commerce peuvent être particulièrement importants, car la perception qu'a le client du produit qu'il achète sur un écran peut être tout à fait différente de celle qu'il aura à la vue du produit lui-même. Les différences sont très nombreuses :

– taille par effet d'échelle ;

– couleurs pour les vêtements par exemple (reproduction inexacte sur l'écran) : le phénomène existe aussi lors des ventes sur catalogues, malgré le soin apporté à reproduire aussi exactement que possible les couleurs ;

– caractéristiques techniques et conditions de branchement et d'installation, etc.

Selon une étude réalisée aux États-Unis par la Consumer Electronics Manufacturers Association, le taux de retour des produits se situe entre 14 % pour le matériel informatique et 28 % pour le matériel audio-vidéo et de téléphonie. D'après Forrester Research, le retour des produits représente entre 5 et 25 %

du total des ventes réalisées à distance. C'est donc un problème qui peut être très coûteux et surtout suppose une organisation ad hoc que peu d'e-commerçants peuvent mettre en place sérieusement faute des volumes nécessaires. Des 4PL proposent désormais aux e-commerçants de prendre en charge leurs retours comme un service à part entière et non un complément de prestations. Ainsi ReturnValet de Newgistic aux États-Unis couvre l'ensemble du territoire américain avec des entrepôts et services spécialisés et 4 000 centres postaux participants.

Bibliographie

Ouvrages

AIMETTI J.-P., *L'Internet et la vente*, Éditions d'Organisation, Paris, 1997.

BECKER M., *Les prévisions en entreprise*, Thèse du Mastère European Manufacturing Management, Hautes Études commerciales, Paris, mai 1995.

CHINARDET C., *Vendre à la grande distribution*, Éditions d'Organisation, Paris, 2004.

COGNASSE O., « Cross-docking : une étape vers la logistique partagée », *Logistiques Magazine*, n° 122, Paris, nov. 1997.

CPFR, *Concepts, carte routière et premiers pilotes internationaux*, traduit par Jouenne T., Renon E., Danguigny J.-F., Jouwen Éditions, Paris, 2000.

DORNIER P.-P., « La logistique, enjeu stratégique pour le commerce électronique », *Logistiques Magazine*, n° 147, mai 2000.

DORNIER P.-P., FENDER M., *La logistique globale*, Éditions d'Organisation, Paris, 2001.

EUROSTAF, *La logistique de la grande distribution en Europe en 1998, perspectives stratégiques et financières*, Mattiuzzo N., Duong P., Davrain N., Paché G., Thirion S., Paris, 1998.

FENDER M., *Modes de coopération producteurs-distributeurs. Place de la logistique dans l'organisation des chaînes d'approvisionnement*, Thèse de Doctorat de l'École nationale des ponts et chaussées, novembre 1996.

GALLO G., Exposé IX[e] Assises de l'économie logistique, *Logistiques Magazine*, Paris, 1994.

GALLOIS J.-B., Le cas de la réserve déportée d'Auchan, *Les Enjeux*, n° 1850, 4 mars 2004.

GOLDFIEM F. de, « Logistique et Internet », *Le Moci*, n° 1242, 9 mars 2000.

IHEL (Institut des Hautes Études Logistiques), *Modes de coopération logistiques dans les relations producteurs/distributeurs dans le secteur des produits de grande diffusion*, Les Cahiers de l'IHEL, Paris, 1997.

« ECR Europe met le cap sur le partage d'informations », *Logistiques Magazine*, n° 138, juin 1999.

JOUENNE T., « La fin des ruptures en linéaires », *Stratégie Logistique*, n° 53, janvier-février 2003.

LACHAIZE P., « La centralisation de la *supply chain* dans la distribution non alimentaire », *Logistiques Magazine*, septembre 2002.

MARTIN A. J., ECR, *Démarche et composantes*, ASLOG, Paris, 1997.

MARTIN A.J., *Principes et perspectives du réapprovisionnement continu*, Jouwen Éditions, 1998.

Ministère des Finances – SESSI, *Tableau de bord du commerce électronique*, mars 2006.

MORCELLO E., *Les stratégies d'implantations logistiques de la distribution*, Éditions Liaison, Paris, 1999.

Dossier « Les nouvelles stratégies de la grande distribution », *Stratégie Logistique*, n° 10, octobre 1998.

STOCK J.R., LAMBERT D.M., *Strategic Logistic Management*, McGraw-Hill Irwin, New York, 4[e] édition, 2001.

THOMAS A., Exposé aux IX[e] Assises de l'Économie Logistique, *Logistiques Magazine*, Paris, 1994.

VALENTIN S., *La VPC à portée de tous*, Éditions d'Organisation, Paris, 1998.

VICS et JOUENNE T., *CPFR, concepts, carte routière et premiers pilotes internationaux*, Jouwen Éditions, Paris, 2000.

WELLHOFF A., MASSON J.E., *Le merchandising*, Dunod, Paris, 2005.

Sites relatifs à l'ECR et plus généralement aux relations entre distributeurs et producteurs

ECR France – 8 place d'Iéna 75783 Paris Cedex 16 – 01 44 34 68 87 – www.Ecr-europe.com

ECR Europe – 9 avenue des Gaulois 1040 Bruxelles – 00 32 2 736 03 05 – www.ecrnet.org

Voluntary Interindustry Commerce Standards (VICS) – 1009 Lennox Dr. – Suite 202 Lawrenceville – NJ 08648 USA – 00 609 620 4562 – www.vics.org et www.cpfr.org

GS1 France – 2 rue Maurice Hartmann 92137 Issy-les-Moulineaux Cedex – 01 40 95 54 10 – www.gs1.fr

Sites de sociétés d'études (panels de consommateurs et distributeurs, statistiques)

www.secodip.com

www.marketingscan.fr

www.lineaires.com

C

Logistique de soutien

10 • DE LA LOGISTIQUE MILITAIRE AU SOUTIEN LOGISTIQUE INTÉGRÉ

On a vu au premier chapitre que l'on pouvait distinguer plusieurs sortes de logistiques. On oppose particulièrement la logistique des flux et la logistique de soutien. La logistique des flux s'occupe principalement de transports, d'entreposage et par extension de la régulation des flux d'approvisionnement, de production ou de distribution. La logistique de soutien s'occupe d'organiser la maintenance et le soutien général de systèmes de production ou d'armes. Ces deux types d'activités sont assez différentes l'une de l'autre, à ce point que des spécialistes de l'une ou l'autre branche de la logistique risquent de ne pas se retrouver dans la description de la branche qui n'est pas la leur. Nous avons pris le parti dans cet ouvrage de traiter l'une et l'autre et il va de soi que le SLI ne peut être ignoré de nos jours, particulièrement d'un ingénieur.

Cependant l'une et l'autre se rapprochent de plus en plus. Il y aurait peut-être eu plus de raisons de séparer, comme le font certains, logistique de production et logistique de distribution, si les concepts de la *supply chain* n'avaient rapproché les points de vue.

Quant au soutien, on voit apparaître les concepts de la logistique de service et les SAV deviennent une part de plus en plus importante de ce « niveau de service clientèle » que l'on place d'ordinaire comme le fondement même du « mix logistique ». Du côté de la production, les concepts de la TPM et les indicateurs de type TRG et TRS ont balayé les oppositions traditionnelles entre gestion de maintenance et gestion de production. Les deux logistiques des flux et du soutien se rapprochent donc et tout concourt à les unifier : prise en compte des logistiques inverses, approches stratégiques de la logistique, etc.

On pourrait cependant hésiter à prendre en considération les logistiques militaires dont la spécificité peut paraître forte, particulièrement dans notre vieille Europe où le secret militaire ou la simple discrétion du milieu militaro-industriel incite à n'en pas trop parler. Il faut cependant considérer que la logistique militaire est à l'origine même des concepts modernes du soutien logistique intégré et la frontière théorique qui séparait logistique militaire et conception du soutien tend à disparaître. La logistique même des armées tend actuellement, comme on le verra, à devenir civile. De plus, les méthodes des différents logisticiens se rapprochent et les militaires, eux aussi, utilisent des progiciels civils, des approches de juste-à-temps et font à leur tour leur révolution de la *supply chain*. On est là face à une nouvelle frontière de la logistique, que l'on pourrait appeler « les logistiques d'urgence » et qui intéresse les militaires aussi bien que les ONG, les cellules spécialisées d'intervention en matière d'eau et

d'assainissement (Water Force de Vivendi Water et Aquassistance du groupe Suez) ou d'électricité (Électriciens Sans Frontières d'EDF) et plus généralement les entreprises de service et de transport spécialisées.

La présentation suivante de la logistique militaire s'appuie sur l'organisation française même si elle a été simplifiée pour une présentation sommaire d'organisations devenues relativement complexes avec en outre quelques exemples étrangers et particulièrement celui des États-Unis. Il est cependant nécessaire pour bien comprendre l'état actuel des doctrines et des organisations logistiques de se rapporter au cadre stratégique et au cadre organisationnel correspondant des forces armées.

10.1 La logistique militaire

Selon la terminologie OTAN, la logistique est définie comme la science de la planification et de l'exécution de déplacements des forces armées et de leur maintenance. Dans son acception la plus étendue, ce terme englobe les aspects des activités militaires qui traitent des points suivants :

– conception et mise au point, acquisition, entreposage, transport, distribution, maintenance, évacuation et réforme des matériels ;

– transport du personnel ;

– acquisition, construction, maintenance, utilisation et déclassement d´installations ;

– fourniture ou obtention des services ;

– soutien et soins médicaux.

Le soutien logistique intégré est devenu une discipline incontournable de la logistique de soutien. Il nous a paru cependant nécessaire, avant d'exposer ces techniques du SLI, de présenter l'état actuel de la logistique militaire pour laquelle ces techniques ont d'abord été conçues. La « révolution logistique » en cours dans les Armées des différents pays, et son rapprochement des logistiques civiles, n'est pas sans effet sur l'évolution actuelle de ces techniques, particulièrement aux États-Unis, et elle demande à être bien comprise.

10.1.1 Le cadre stratégique

Le monde du IIIe millénaire présente de nombreuses possibilités de conflits de toutes les formes :

– guerres traditionnelles entre nations par exemple entre l'Union indienne et le Pakistan ;

– conflit nucléaire entre les mêmes ;

– guerres entre pays ou guerres civiles, voire même ethniques en Afrique subsaharienne ;

– insurrections régionales avec ou sans soutiens extérieurs comme en Tchétchénie…

La fin de la guerre froide entre l'URSS et les États-Unis, et leurs alliés respectifs, a cependant transformé la situation stratégique dans le monde pour les grands pays développés. Leur implication dans un conflit mondial sur leur propre territoire est devenue beaucoup moins probable alors que se multiplient des actions qu'ils mènent seuls ou en coopération avec d'autres sur des théâtres d'opérations extérieurs : Afrique, Bosnie et Kosovo, Koweït et Irak, etc. On relevait

début 2003 que les Forces spéciales des États-Unis intervenaient simultanément dans 35 pays différents même s'il s'agit d'interventions le plus souvent mineures en termes d'effectifs engagés, sauf pour les opérations importantes d'Afghanistan et d'Irak. Dans le même temps, les forces françaises présentes dans une dizaine de pays interviennent militairement en Côte d'Ivoire.

Ces opérations peuvent être des actions de coercition contre des forces armées ennemies ou des opérations dites de « maîtrise de la violence », opérations ayant pour but d'assurer ou de rétablir la sécurité dans un territoire troublé par des actions violentes d'un ou plusieurs adversaires diffus ou par des actions de combat entre forces armées opposées. Ce dernier type d'actions peut comporter une assistance aux populations civiles de type humanitaire et/ou de rétablissement administratif.

Ces interventions extérieures se placent dans un contexte de réduction forte des effectifs militaires. Au moment de la Guerre du Golfe, les effectifs de l'armée de Terre américaine étaient de 780 000 hommes ; ils sont en 2003 de moins de 480 000. La professionnalisation de l'armée française à partir de 1996 lui pose à son échelle les mêmes problèmes d'effectifs.

Dans le même temps coexistent dans ces pays des forces stratégiques – comme en France les sous-marins nucléaires ou les forces aériennes stratégiques – issues de l'ancien cadre stratégique et maintenues dans le contexte actuel.

Le rapport annexé à la loi de programmation militaire pour les années 2003 à 2008 précise cet environnement stratégique et définit le nombre et l'importance des actions que les armées françaises doivent pouvoir soutenir en même temps sur des théâtres d'opérations extérieurs en mettant sur pied :

– soit jusqu'à 26 000 hommes sur plusieurs théâtres :
  - d'une part 12 000 à 15 000 hommes dans le cas d'une opération européenne ;
  - d'autre part 5 000 hommes en national pour sauvegarder le territoire national, assumer des accords de défense, ou participer à des missions humanitaire*s* ;

– soit 50 000 hommes pour prendre part à un conflit majeur dans le cadre de l'Alliance Atlantique.

10.1.2 Le cadre organisationnel

On peut considérer que l'organisation militaire actuelle des pays développés est constituée de quatre ensembles différents, chacun de ces ensembles ayant ses organisations et doctrines logistiques propres, même si leurs liens sont nombreux ; ces quatre éléments font tous appel, dans des mesures différentes, à des entreprises privées, publiques ou semi-publiques et l'ensemble forme le fameux « complexe militaro-industriel » dont on a souvent souligné l'importance économique et les liens étroits entre les uns et les autres, liens à la fois techniques, financiers et relationnels, formant ainsi une sorte de communauté d'esprit et d'intérêts.

On peut donc distinguer :

■ Les commandements organiques et services associés

Ce que nous avons appelé les « commandements organiques et services associés » correspondent *grosso modo* à l'organisation militaire traditionnelle avec

ses différentes composantes terrestre, maritime et aérienne – plus quelques autres comme les Marines pour le Département de la Défense des États-Unis ou la Gendarmerie pour le Ministère français – et des services interarmées.

Ces commandements ont la responsabilité du recrutement, de l'armement, de la formation et de l'entraînement des forces armées et des services associés. Ils élaborent également les doctrines stratégiques et tactiques.

L'armée de Terre des États-Unis (US Army) comporte ainsi deux types de divisions : les divisions AOE (Army of Excellence), relativement classiques qui sont intervenues pendant la Guerre du Golfe ou en Bosnie et au Kosovo, et les divisions Force XXI (XXIe siècle) beaucoup plus rapides et flexibles aptes à intervenir sur le « champ de bataille numérisé » avec les nouvelles technologies militaires. Leur logistique moins lourde que celle des divisions classiques doit permettre de les ravitailler un peu en « juste-à-temps » avec un flux continu dit de l'usine au « trou du renard ».

Les directions et services de soutien qui sont associés à l'organisation militaire française sont nombreux et de natures très diverses, certains étant interarmées et d'autres spécifiques d'une arme : Direction du service de santé, Direction du matériel, Train, Commissariat, Service des essences, Direction du renseignement militaire, etc. La préparation du soutien logistique sur les théâtres d'opérations est confiée en ce qui concerne l'armée de Terre française à une nouvelle organisation, constituée du Commandement de la Force logistique terrestre et de deux Brigades logistiques constituant une sorte de ligne hiérarchique parallèle à celle des unités de combat (Commandement des Forces d'action terrestre), esquisse de ce qui pourrait devenir un jour un service unique regroupant au moins Train (transport et manutention) et Matériel et coordonnant les autres services de soutien.

Parmi les forces et services, rassemblés sous ces commandements organiques, certains sont « projetables », c'est-à-dire peuvent être envoyés sur un théâtre d'opérations extérieur où ils participent alors à ce qu'on a appelé les forces de théâtre d'opération. Ils reviennent ensuite dans leur commandement organique au bout d'un certain temps – après relève par une autre unité par exemple – ou à la fin de la mission pour laquelle était constitué ce théâtre d'opérations extérieur.

On trouvera donc avec ces commandements organiques et services associés, une responsabilité logistique générale assurée avec le concours de nombreux fournisseurs intervenant soit directement (carburants ou vivres par exemple), soit par l'intermédiaire des organisations d'achat ou de réalisation de systèmes militaires.

■ Les organisations d'achat ou de réalisation de systèmes militaires

On appelle ici « système militaire » un système d'arme quel qu'il soit ou un ensemble de systèmes susceptible d'être mis en œuvre par une force militaire : avion, véhicule blindé ou non, bâtiment de guerre, missile, radar, etc. Ces systèmes se caractérisent par :

– un degré de complexité très variable mais qui peut être très élevé ;

– le plus souvent des spécificités militaires ;

– une part souvent importante d'électronique, de calculateurs et autres technologies avancées.

Ils peuvent être :

– soit achetés « sur étagères » à des fournisseurs spécialisés nationaux ou étrangers ;

– soit conçus et réalisés sur spécifications d'un état-major. Dans ce cas, le projet peut être national ou réalisé en coopération entre plusieurs pays et une partie de l'étude peut être financée par l'état-major demandeur, ce qui caractérise la différence entre un projet sur fond propre (pour le MOI, maître d'œuvre industriel) et un projet sur fond partagé.

Le maître d'ouvrage – celui qui procède à l'achat ou fait réaliser – peut être, selon les pays et les projets, un commandement organique, un service du Ministère intervenant pour plusieurs armes ou commandements, un service spécialisé dans la réalisation ou l'achat des armements, par exemple la Direction générale de l'Armement en France (DGA). Il peut y avoir plusieurs maîtres d'ouvrage travaillant en coopération dans un projet international. La distinction entre entreprises privées ou publiques devient d'ailleurs plus difficile avec par exemple le nouveau statut civil de la Direction des constructions navales.

Le maître d'œuvre industriel (MOI) est le plus souvent une entreprise privée ou publique ou semi-publique qui assure la direction technique du projet et la coordination des nombreux co-traitants associés au projet.

On verra que la conception et la réalisation de ces systèmes font appel à des techniques très élaborées de conception du soutien appelées *soutien logistique intégré* (SLI) ou en anglais ILS (*Integrated Logistics Support*).

■ Les forces de théâtres d'opérations

Un théâtre d'opérations est une zone géographique où des actions militaires coordonnées sont menées par une force pour atteindre un objectif stratégique.

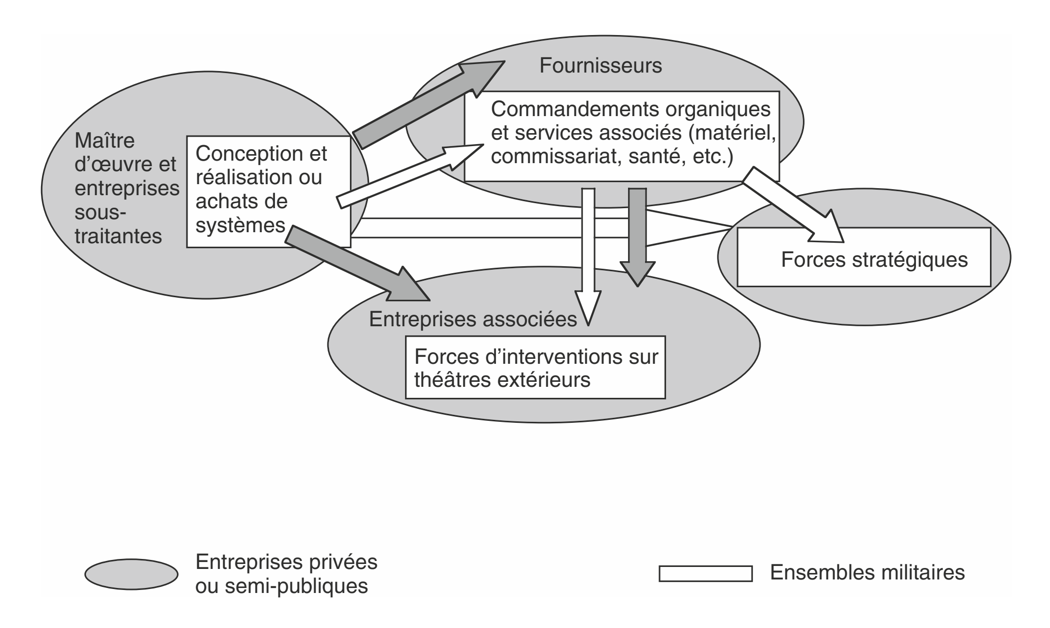


Figure 10.1 – Les quatre ensembles militaires.

Les grandes puissances ont toujours envoyé des armées ou des bâtiments de guerre sur des théâtres d'opérations extérieurs pour soutenir leur politique. La nouveauté est que ces opérations à l'extérieur représentent désormais une très grande part des efforts de défense et présentent des caractéristiques relativement nouvelles.

Les opérations sont parfois conduites par un seul pays (*nation leader*) mais sont de plus en plus souvent menées par une coalition de pays réunis soit pour une opération, soit par des accords permanents, soit dans le cadre d'institutions internationales.

Ainsi les armées françaises peuvent intervenir dans le cadre de l'OTAN (Organisation du Traité de l'Atlantique Nord avec 19 nations), l'Union européenne et sa PESC (Politique étrangère et de sécurité commune) du traité de Maastricht, l'ONU ou les accords de Défense passés avec différents pays. Cette coopération avec le pays d'accueil et les co-intervenants pose de délicats problèmes de commandement, de coordination et de logistique qui donnent lieu à une doctrine relativement élaborée.

Ces opérations résultent souvent de situations de crise et demandent des interventions plus ou moins rapides mettant en œuvre des moyens de transport rapides : avions et bateaux. Dans la majorité des cas, le premier échelon d'une force d'intervention doit intervenir en 72 heures après la décision, le reste en moins de 3 mois.

Les transports à assurer sont importants. La complexité des systèmes d'armes modernes impose le transport de quantités importantes de matériel opérationnel, de munitions, vivres, carburants et matériels de toutes sortes avec des moyens de soutien importants. Si l'approvisionnement du légionnaire romain était de l'ordre de 1 kg/jour, une Division d'infanterie de 1943 demandait 30 kg/homme/jour (avec les carburants), une Division blindée des années 1980, 110 kg/homme/jour ; avec une Division légère blindée 2000 les flux de ravitaillement peuvent atteindre 80 kg/homme/jour (hors carburant). La mise en place d'une force d'intervention oblige à lui livrer dès son arrivée sur le théâtre d'opérations, un certain nombre de jours d'approvisionnement assurant son autonomie jusqu'à la mise en place d'un système permanent de réapprovisionnement.

On évalue parfois à 250 000 $/an le coût d'un soldat américain sur théâtre d'opérations extérieur ; quoi que recouvre ce chiffre, ce qui n'est pas évident, il montre bien l'importance des enjeux financiers correspondants.

Les opérations sont le plus souvent menées simultanément avec des composantes très diverses : aérienne, terrestre, navale, etc. On parle parfois de « forces opérationnelles de circonstance ». Chaque intervention de ce type demande donc une organisation particulière.

L'environnement climatique et géographique de ces opérations est souvent difficile et éprouvant pour le personnel et le matériel, demandant donc un soutien important.

Ces opérations peuvent être de longue durée avec des séjours de plusieurs mois, et dans certains cas de plusieurs années. Les flux à mettre en place, que ce soit en personnel, matériel ou ravitaillement, ainsi que la qualité du soutien à effectuer seront variables dans le temps. Les concepts de base vie français (ISOPEX), américain (Force Provider) et britannique (ECI pour Expeditionary Campaign Infrastructure) traduisent cette préoccupation.

La logistique de ces opérations extérieures est donc par nature importante quantitativement et qualitativement ; elle fait assez souvent appel à des moyens de transport extérieurs et l'on peut se demander s'il n'est pas possible d'en externaliser une plus grande part.

■ Les forces stratégiques

Elles font appel à des systèmes sophistiqués qui demandent lors de leur conception des études très poussées de fiabilité et de soutien et par la suite une logistique de haut niveau.

10.1.3 Les principes de la logistique des opérations extérieures

La logistique traditionnelle des grandes unités stationnées en métropole ou dans les Départements et Territoires d'Outre-mer n'a pas beaucoup changé ces dernières années, sinon par la pression d'une contrainte budgétaire plus forte que jamais. Ces logistiques des forces terrestres, navales et aériennes – y compris des forces stratégiques – sont donc relativement classiques. En revanche la multiplication des opérations extérieures a entraîné en France et dans les autres pays européens une évolution importante avec la création d'une nouvelle logistique.

■ Définition

On peut considérer que la logistique est l'ensemble des activités qui visent en toutes circonstances :

– à donner aux forces armées, au moment et à l'endroit voulus, en quantité et qualité nécessaires, les moyens de vivre, de combattre et de se déplacer ;

– à assurer les soins médicaux préventifs et curatifs du personnel ;

– à assurer la maintenance des matériels techniques ainsi que leur évacuation ;

– à disposer d'une infrastructure adaptée pour les personnels et les matériels ;

– à assurer le soutien administratif des forces ;

– enfin, à participer aux besoins générés par les affaires civilo-militaires et l'aide humanitaire.

On distingue classiquement :

– La logistique de socle qui correspond à la posture normale qui intervient en amont pour le soutien quotidien et la préparation des forces.

– La logistique opérationnelle qui s'applique directement aux opérations depuis la préparation jusqu'au retrait. Elle est constituée par l'ensemble des dispositions et des opérations de soutien qui permettent à une force projetée de s'installer et de vivre dans la durée, et simultanément d'agir tout en maintenant sa puissance de combat.

■ Une logistique traditionnelle massive

On a vu que les quantités transportées pour accompagner la mise en place d'une force importante peuvent être extrêmement importantes. On peut citer les transports réalisés pour quelques opérations extérieures de l'armée américaine :

– dans les premiers 90 jours qui ont suivi l'attaque de Pearl Harbour, 836 000 tonnes de matériel ont été expédiées à Pearl Harbour ;

– dans les 90 premiers jours du conflit de Corée, 980 000 tonnes ont été expédiées ;

– dans les 90 premiers jours du conflit au Vietnam, 1,3 million de tonnes ont été envoyées,

– dans les 90 premiers jours de la guerre du Golfe, 1,5 million de tonnes ont été envoyées par bateau, plus 175 000 tonnes par avion.

Lors de l'offensive de la guerre du Golfe, qui a représenté 100 heures de combats, les troupes américaines disposaient de :

– 29 jours d'approvisionnement en nourriture et eau ;

– 5,2 jours de fuel ;

– 5 jours de munitions, soit 14 000 t/jour.

Projeter une force c'est acheminer 1 tonne de matériel par homme, et un conteneur 20 pieds pour 8 hommes. Certaines conditions climatiques imposent de fournir à chaque combattant 50 litres d'eau par jour dont 10 à 20 % ayant la qualité de l'eau de boisson.

L'envoi de ces « montagnes » de matériel[1] suppose de mettre en place dans l'urgence une organisation très importante et très sophistiquée, rarement tout à fait satisfaisante. Sur les 41 000 conteneurs reçus par bateau pendant la guerre du Golfe, 28 000 ont dû être ouverts pour savoir ce qu'il y avait dedans…

Le transfert du (ou des) port(s) de débarquement au champ de bataille demande également des moyens considérables : les 21 jours de munitions supplémentaires en plus des premiers 44 jours disponibles ont demandé 17 850 transports par camion (à 16,5 tonnes par camion).

■ La *supply chain* vers le théâtre d'opérations

On peut décomposer la logistique d'une opération extérieure en plusieurs segments successifs, depuis le fournisseur d'un bien jusqu'à son utilisation sur le terrain, en distinguant :

– La **logistique amont** depuis le fournisseur jusqu'à l'arrivée sur le théâtre. Elle relève du chef d'état-major des armées (CEMA) et de celui de l'armée de Terre (CEMAT) pour les forces terrestres. Elle est placée sous la responsabilité des états-majors et direction relevant de l'administration centrale et englobe la maîtrise des flux (transit, transports, évacuations). Elle agit jusqu'à la ou les zones logistiques qui seront implantées sur le théâtre (ZLT : zone logistique de théâtre).

– La **logistique aval** à l'intérieur du théâtre d'opérations. Elle doit permettre le soutien des forces d'intervention et est placée sous la responsabilité soit du commandant français de la force d'intervention, soit, dans le cas d'une intervention contrôlée par un commandement étranger, sous la responsabilité d'un représentant français auprès de ce commandement, l'ADCONFRANCE (Administrative Controler France) par délégation du Chef d'état-major des Armées.

10.1.4 La logistique amont

■ Organisation

Auparavant dans le contexte d'engagement Centre-Europe, le soutien des forces terrestres était assuré par des formations logistiques composées parfois

1. *Moving Mountains*, titre du livre du Général Pagonis d'où sont extraites ces informations.

jusqu'à 80 % de personnels de réserve et il restait complètement tributaire de la mobilisation. Par ailleurs, au plan national, la conduite du soutien consistait essentiellement à acheminer des ressources préaffectées par grandes unités, le plus souvent par voie ferrée et voie routière, à partir de stocks de guerre définis pour un combat haute intensité de 7 jours. Le problème de cette logistique des théâtres d'opérations extérieurs est tout à fait différent car il s'agit de soutenir, souvent loin de la Métropole, un ensemble d'unités regroupées en fonction des circonstances et des besoins d'une opération particulière. On a donc créé une structure logistique susceptible de préparer en permanence le soutien logistique de ces opérations.

☐ Le Commandement de la Force logistique terrestre (CFLT)

Cet état-major devrait compter plus de 400 personnes avec des militaires tous « projetables » avec la double mission :

– de préparer les opérations de soutien, définir la doctrine, réaliser des exercices ;

– de mettre en place autant que de besoin les structures opérationnelles de soutien nécessaires. Au total, on peut considérer que, lors d'une opération majeure, 60 % de ces personnels seraient envoyés sur le théâtre et que 40 % se consacreraient à la logistique amont en métropole, y compris ceux déployés pour la conduite des transits.

☐ Les brigades logistiques

Les états-majors de brigades logistiques sont respectivement installés à Montlhéry pour la première brigade et à Souge pour la deuxième. Leurs effectifs sont de 76 dont 13 civils. Ils sont interchangeables et ont pour mission :

– d'entraîner les formations qui leur sont affectées ou abonnées ;

– d'armer les PC logistiques de mise en œuvre ;

– de commander les zones logistiques sur les théâtres d'opérations.

Les *unités « abonnées »* comprennent :

– des régiments de transport du train (transports de blindés ou transports de marchandises) susceptibles de mettre en œuvre les ZLT (voir infra) ;

– des unités élémentaires de soutien du matériel ;

– des bataillons de soutien du Commissariat ;

– des éléments de soutien de santé (hôpitaux de campagne, antennes chirurgicales, régiments médicaux, etc.) ;

– des groupements de soutien pétrolier (SEA : Service des essences des Armées).

■ Les étapes

☐ Préparation de l'opération

La préparation logistique d'une opération de cette sorte est une tâche complexe qui doit être effectuée en même temps que l'état-major opérationnel définit les buts de la mission, les moyens à mettre en œuvre, les délais et le planning général, etc. Les liens étroits qui existent entre les concepts opérationnels et les concepts logistiques exigent une coopération totale malgré cette dualité d'état-major, qui pourrait d'ailleurs être un problème.

☐ **Gestion des stocks**

Normalement, les matériels, vivres, équipements nécessaires au soutien sont pour une part approvisionnés à l'avance dans des entrepôts à partir desquels on peut les expédier vers le théâtre d'opérations. Ces stocks sont uniques pour les commandements organiques et les forces de théâtre d'opérations extérieur, ce qui présente l'avantage de les réduire même si, en certaines circonstances, les prélèvements effectués pour soutenir des forces d'interventions extérieures privent les unités métropolitaines d'une partie de leur ressource au détriment parfois de leur disponibilité.

Il peut donc être nécessaire de lancer des commandes plus importantes pour soutenir des opérations d'autant plus que certaines fabrications demandent pour des raisons économiques la fabrication de séries importantes. Ainsi les arsenaux de l'armée américaine qui fabriquent des munitions travaillent par campagne de production (5 millions de munitions par campagne). La campagne de production comprend le recrutement des équipes (contrat avec leur entreprise d'origine), le déstockage des machines, la qualification de la série, la mise en sommeil des machines et le retour des ouvriers vers leurs entreprises d'origine. Ce mode de fonctionnement est appelé GOCO pour *Government-Owned Company-Operated*.

☐ **Préparation des envois sur une base de transit**

Déployées en métropole à proximité de sites d'embarquement, aéroport, port, gare, les *zones de rassemblement et d'attente* (ZRA) reçoivent les unités avec leurs soutiens devant embarquer. Elles offrent des plates-formes d'expédition et de réception pour les flux de ravitaillement d'entretien, enfin elles accueillent les unités à leur retour.

La route est un mode préférentiel d'acheminement des forces terrestres sur un théâtre en raison de la souplesse qu'elle procure. Par le biais des unités du train, l'armée de Terre dispose de capacités importantes qui doivent toutefois être complétées par des moyens du secteur civil, en particulier lors des préacheminements liés à une opération.

☐ **Transport**

Les distances, qui peuvent aller jusqu'à 7 000 km, impliquent des moyens de transport aériens, dont la France n'a qu'une quantité limitée. Seuls les États-Unis et certains pays de l'ex-URSS disposent d'appareils de forte capacité. (La France dispose en propre de 2 Airbus et 2 DC8. Elle devrait disposer en 2012 de 50 A400 M.) Des accords entre nations permettent cependant d'obtenir des renforcements sous réserve de disponibilité des vecteurs et de convergence d'intérêts. Il faut donc souvent faire appel à des entreprises de transport aérien.

La voie maritime est un mode préférentiel actuellement pour les projections de forces en raison de sa forte capacité (volume et poids). La Marine nationale dispose, en dehors de ses TCD (transport de chalands de débarquement), de moyens restreints. Le recours aux moyens civils par le biais de l'affrètement ou de l'utilisation normale de la voie commerciale est donc la règle générale. Cependant la France n'a pas comme la Grande-Bretagne de réservation permanente sur des bâtiments civils et doit donc trouver des affrètements, ce qui peut être difficile à certains moments comme pendant la préparation de

l'intervention américaine en Irak où l'ensemble des bâtiments disponibles étaient affrétés par l'US Transcom y compris 3 navires français de Delmas.

La projection de forces relève de l'EMA (État-major des Armées) qui en confie l'exécution à son centre opérationnel et plus particulièrement au Bureau des transports maritimes aériens et de surface (BTMAS). Il s'agit d'acheminer selon un échelonnement planifié les forces et leurs soutiens vers le théâtre d'opérations désigné.

■ **Informatique et télécommunications**

La maîtrise de cette phase amont demande une prévision opérationnelle qui doit être initialisée dès la première conception de l'opération par type de matériel puis mise à jour en permanence. Ces méthodes de prévision sont classiques et reposent sur l'utilisation de normes opérationnelles qui devront pouvoir être actualisées en permanence à partir des statistiques issues de l'opération elle-même. L'approvisionnement, l'emballage, l'expédition et le transport représentent un ensemble de tâches classiques en logistique, pas très éloignées du DRP avec la mise en œuvre de programmes informatiques spécialisés par type d'opérations. Ces opérations logistiques sont cependant rendues difficiles dès qu'on essaie de s'éloigner d'une solution de stockage préalable important, par la variété des matériels et le grand nombre d'établissements fournisseurs. Un point important est d'assurer la traçabilité complète de tout ce qui est expédié (par unités de gestion et unités d'expédition) avec des systèmes d'étiquettes et de codes barres, depuis chaque usine ou entrepôt jusqu'aux extrémités de la chaîne logistique. L'EDI militaire n'est alors pas fondamentalement différent de l'EDI industriel et commercial. L'armée française dispose du système de gestion des expéditions Silcent accessible à partir de postes Nomade utilisant des lecteurs de codes barres. On n'est pas très loin de systèmes d'ERP classiques ou de management de la *supply chain* avec tous leurs programmes associés.

10.1.5 Organisation de la logistique opérationnelle de théâtre (logistique aval)

Lorsque, comme c'est le cas de plus en plus souvent, des forces armées de plusieurs pays interviennent conjointement sur un même théâtre d'opérations, chaque nation participante assure le soutien logistique de ces forces, ce qui permet d'ailleurs d'assurer la rapidité de l'intervention. Bien entendu, ces moyens logistiques doivent être coordonnés (Logistic Coordination Centers de l'OTAN). Cependant soit une nation prenant une part prépondérante à l'intervention assure le soutien de l'ensemble, soit une spécialisation s'organise pour tenir compte des avantages du regroupement. Ainsi en Bosnie-Herzégovine, les États-Unis avaient accepté le rôle de nation spécialisée pour la fourniture des produits pétroliers, permettant ainsi aux petits contingents de bénéficier de meilleurs prix et de facilités d'approvisionnement. Les prestations fournies donnent lieu à des compensations et des reversements.

L'organisation de cette logistique opérationnelle de théâtre dépend naturellement de l'importance des forces qu'il s'agit de soutenir. Dans la doctrine française d'intervention, on peut distinguer deux structures logistiques, l'une pour une force de 30 000 hommes, l'autre pour une force de 5 000 hommes. On

examinera seulement l'organisation prévue pour une force de 30 000 hommes dont l'autre dérive simplement.

Dans l'organisation OTAN, un officier général appelé ADCONFRANCE (Administrative Controler France) auprès du commandant de la force (COMANFOR), organise la logistique des forces françaises avec l'assistance d'un état-major logistique.

■ La zone logistique de théâtre (ZLT)

Pour un engagement de 30 000 hommes dont le PC est armé par un état-major de brigade logistique. Il a la responsabilité de la mise en œuvre de la logistique des forces françaises sous l'autorité de l'ADCONFRANCE qui l'organise.

Point d'accès et de sortie privilégié du théâtre, la ZLT assure le transit physique des matériels et des ressources provenant de la métropole. Elle accueille et identifie les personnels et les matériels arrivant ou quittant le théâtre en vue de leur suivi administratif et technique à travers les points de débarquement aériens ou maritimes (SOPOD pour *Sea Point Of Debarkation*). Elle gère les ressources stockées à son niveau. La base de soutien logistique peut faire partie d'une zone d'intérêt logistique. Cette zone englobe géographiquement tout ce qui intéresse une force au titre logistique pour l'accomplissement de ses missions (par exemple, raffineries, ensembles industriels divers de production…).

Au moment de la mise en place, elle organise l'accueil des unités arrivant, constitue et protège les ressources nécessaires et concourt d'emblée au soutien de santé.

Pendant l'opération, elle veille à la permanence et à la qualité des flux. Soutenant les forces engagées et les formations en transit, elle peut également assurer le soutien direct de tout ou partie des formations organiques du théâtre.

Au moment du désengagement, elle organise l'embarquement de la force, participe au reconditionnement des matériels, et assure le soutien médical.

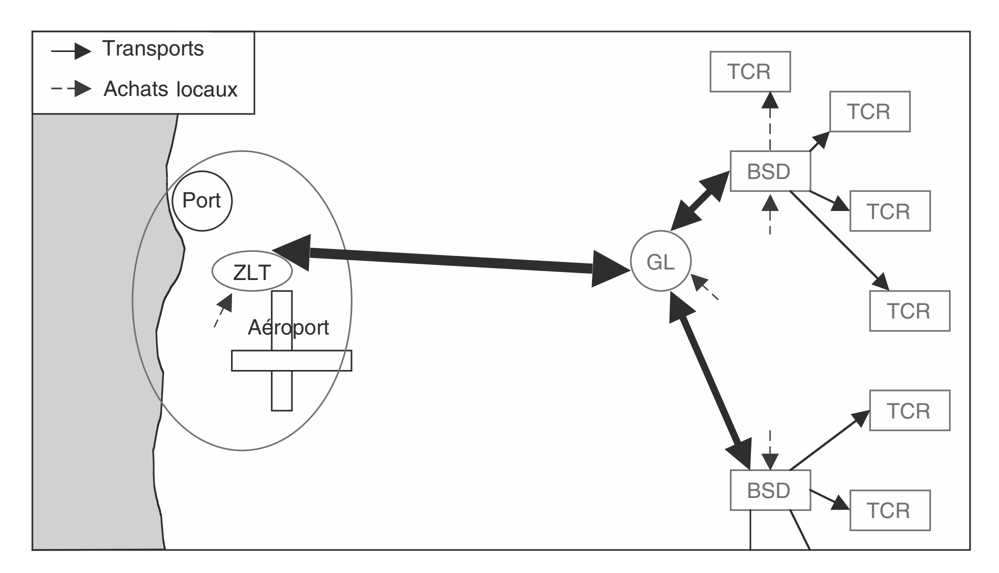


Figure 10.2 – Organisation logistique de théâtre d'opérations extérieur.

■ Le groupement logistique (GL)

C'est une formation opérationnelle interarmes et interservices de volume variable suivant les effectifs à soutenir (grande unité, groupement ou détachement) constituée avec son PC à partir des brigades logistiques qui mettent en œuvre tous les moyens et les ressources nécessaires au soutien d'une force terrestre : soutien de l'homme (Commissariat), soutien médical (Service de santé, hôpitaux), maintenance des matériels (unités du Matériel), carburants (Service des essences des Armées), transports et manutention (Train), infrastructures (unités du Génie). À ces besoins peuvent s'ajouter des besoins humanitaires envers les populations civiles.

Alors que la ZLT englobe les points de débarquement, le GL se situe géographiquement à proximité des forces engagées ou au moins de leurs bases de soutien divisionnaires (voir infra).

Les états-majors des brigades logistiques constituent ainsi des PC projetables aptes à assurer l'armement d'un PC de groupement logistique pour une force de 5 000 hommes.

La figure 10.3 illustre l'organisation de la logistique opérationnelle qui doit répondre à de forts enjeux d'anticipation et d'optimisation.

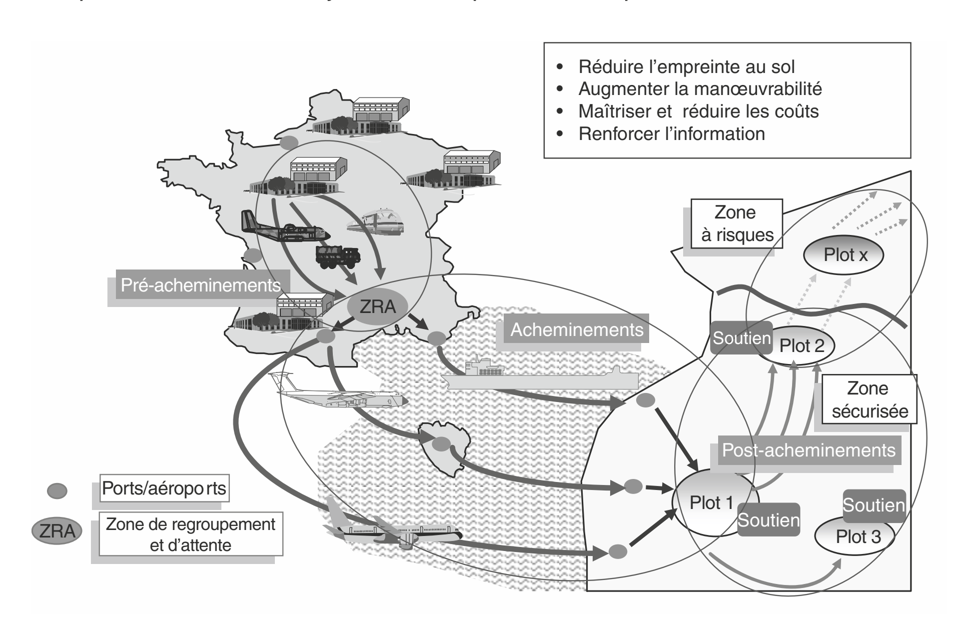


Figure 10.3 – Organisation logistique répondant à de forts enjeux d'anticipations et d'otimisation.

■ La base de soutien divisionnaire

Au niveau d'une division, grande unité terrestre constituée par exemple de trois brigades, on trouve dans son état-major un *bureau logistique* (B4) qui assure toutes les fonctions de conception et de conduite logistiques de ce niveau. Le bureau logistique est rattaché avec les bureaux Personnel et Budget au sous-chef d'état-major Logistique de la Division. Il a sous ses ordres

la *base de soutien divisionnaire* qui assure le soutien logistique de la division. Les moyens logistiques de la BSD peuvent être répartis en un échelon avant, assurant le soutien de proximité des unités engagées, et un échelon arrière, les brigades n'ayant pratiquement pas d'échelons logistiques.

La BSD située à une certaine distance de l'avant pour des raisons de sécurité ne peut pas non plus en être trop éloignée ; elle est organisée en *zones*.

La zone *ravitaillement* (RAV) est chargée de ravitailler les régiments/bataillons et unités diverses en carburant, munitions et matériels d'organisation du terrain en fonction des ordres donnés par le B4 de la division. Elle reçoit et stocke les ravitaillements en provenance de l'échelon logistique arrière (GL ou ZLT). Elle possède un parc de contenants (plateaux, conteneurs, etc.) et la capacité de manutention nécessaire au réallotissement de ces ressources. Celles-ci sont soit distribuées aux régiments dans les îlots de la zone soit rechargées sur des véhicules fournis par la zone transport pour être envoyées vers l'avant.

La zone *transport* (TRT) est chargée de mettre en œuvre les transports des divers ravitaillements à destination des bataillons. Elle gère le parc de camions et elle prépare, organise et fait exécuter les missions de transport et de livraison en assurant l'organisation, la constitution (agrégation de moyens interarmes et interservices) et l'encadrement des convois.

La zone *maintenance* (MAINT) est chargée d'assurer la maintenance de NTI 2 (niveau technique d'intervention n° 2) des unités.

La zone *soutien médical* (MED), armée par un bataillon médical, est chargée de mettre en œuvre le soutien médical de niveau 2 de la division, c'est-à-dire le transport des blessés des postes de secours régimentaires aux centres de triage, le triage des blessés, le traitement des plus urgents, l'amorce des évacuations et le ravitaillement sanitaire.

Outre la prévention médicale et les soins médicaux courants, il s'agit d'assurer le soutien :

– de niveau 1 : relève et prise en charge des blessés au poste de secours de l'unité pour un conditionnement médical de survie ;

– de niveau 2 : ramassage, triage et prise en charge chirurgicale des blessés les plus urgents ;

– de niveau 3 : évacuations primaires ou secondaires précoces et traitement des blessés sur le théâtre dont les délais préopératoires n'autorisent pas une évacuation primaire à longue distance.

La zone *soutien de l'homme* (SH) est chargée de la gestion, de la distribution et du conditionnement des ressources nécessaires à la vie courante et à la protection des combattants : rations de combat, effets de protection et d'habillement, eau de boisson, etc.

La BSD dispose aussi de *postes de régulation* susceptibles d'organiser le fléchage des itinéraires, d'établir des consignes de circulation, de suivi des mouvements de véhicules, etc.

■ Les trains de combat (TC)

Ils constituent l'échelon le plus avancé de la logistique. Attachés à l'unité de combat, ils transportent et lui délivrent tout ce dont elle a besoin.

Les *TC2* (trains de combat n° 2) restent à l'abri des tirs directs et se trouvent en général à la hauteur du PC régimentaire ; ils comprennent :

– la plus grande partie du peloton (section) de ravitaillement, carburant, munitions ;

– des moyens de maintenance NTI 1 ou NTI 2 spécialisés (unités de maintenance régimentaires) ;

– le ou les postes de secours régimentaires ;

– éventuellement, des moyens de renforcement provenant des unités logistiques divisionnaires.

Les *TCR* (trains de combat régimentaires) regroupent le reste des moyens logistiques dont la présence à proximité des unités n'est pas nécessaire. Les trains régimentaires des corps de la division sont généralement répartis entre les différentes zones spécialisées de la base divisionnaire.

Les *TC1* (trains de combat n° 1) au niveau des unités sont dans le sillage des unités élémentaires. Ils peuvent comprendre :

– des stocks sur roues (carburant, munitions de forte consommation) ;

– des moyens de maintenance NTI 1 ;

– un poste de secours allégé.

L'ensemble des hommes affectés au soutien logistique des forces dans ce cadre peut être de l'ordre de 10 % des effectifs totaux. Les tâches logistiques aval sont extrêmement variées et doivent être effectuées à plusieurs niveaux que le système informatique doit coordonner en permanence. À la notion de champ de bataille digitalisé doit venir s'adjoindre le concept de *supply chain* logistique tenue à jour en temps réel, accessible en chaque point et assurant une représentation quantitative exacte des ressources sur le terrain, des attendus et des besoins à différents horizons. Chacun des niveaux ci-dessus devra donc disposer de moyens d'accès à ce système de *supply management* ainsi que des programmes d'aide à la décision comme le Logistics Estimation Workbook réalisé sous Excel par l'armée américaine pour ses logisticiens tactiques.

Les tâches logistiques comportent :

– des tâches classiques de réception et stockage en tant qu'extrémité de la chaîne amont mais dans des conditions parfois précaires où il est essentiel que la communication informatique reste assurée tout au long de la *supply chain* ;

– des tâches d'approvisionnement décentralisées, soit dans le pays (vivres frais), soit à partir d'autres pays, par exemple pour l'approvisionnement en carburant ;

– des tâches de prévision opérationnelle qui doivent anticiper les opérations, assurer la connaissance de l'ensemble des produits stockés tout au long de la chaîne logistique y compris les matériels à évacuer et/ou réparer ;

– des tâches d'organisation et de gestion des transports, sous tous les aspects d'identification des axes et voies, des travaux à faire, de sécurisation et protection, de fléchage, planification, etc. ;

– des tâches d'aménagement de toutes les positions logistiques y compris les entrepôts centraux jusqu'aux points de distribution qui suivent les troupes dans leur progression ;

– des tâches d'ingénierie (bâtiments, travaux publics, approvisionnement en eau potable, etc.) ;

– les tâches propres du service de santé, etc.

Dans le cas d'une base logistique pour 5 000 hommes, le schéma d'organisation logistique peut être simplifié en une base logistique unique composée :

– d'un *échelon logistique arrière de théâtre*, structure opérationnelle interarmes et interservices jouant à la fois le rôle de ZLT et de GL ;

– d'un *échelon logistique avant de théâtre* qui assure le soutien de la composante terrestre de la force, voire même de l'ensemble des armes représentées. Cet échelon logistique avant est chargé de mettre en œuvre, dans le cadre de la logistique opérationnelle, les cinq sous-fonctions principales (transport, ravitaillement, maintenance, soutien de l'homme et soutien médical).

10.1.6 La révolution logistique des forces armées

Toutes les forces armées des pays développés doivent donc s'adapter à ces nouvelles conditions d'intervention. On a vu que la France a créé un commandement logistique nouveau et deux brigades logistiques destinées à soutenir ces opérations. Aux États-Unis, en octobre 1999, le chef d'état-major de l'Armée, le général Erik K Shinseki, a lancé une véritable révolution logistique : « Nous allons révolutionner la façon dont nous transportons et soutenons nos équipements et notre personnel ». On peut s'interroger sur la portée de cette révolution logistique en cours dans les différents pays. On peut en souligner les quelques aspects suivants :

– le développement d'une doctrine logistique nouvelle et la formation de logisticiens professionnels ;

– l'utilisation de méthodes et de progiciels civils pour l'analyse et la constitution de la totalité de la *supply chain* ;

– l'accélération de la circulation des biens dans la *supply chain* ;

– le recours à la sous-traitance civile ;

– le développement d'une logistique d'assistance aux populations civiles au travers du volet des actions dites civilo-militaires (ACM).

■ Le développement d'une doctrine logistique nouvelle et la formation de logisticiens professionnels

Les armées américaines ont une expérience importante des opérations extérieures qui constituent l'essentiel de leur histoire militaire du XXe siècle. Elles ont donc été amenées à développer une part importante de la doctrine logistique militaire moderne et cette doctrine s'est développée en étroite symbiose avec le secteur civil. Ainsi l'Army Materiel Command (9 % des effectifs de l'US Army) est l'un des commandements les plus importants de l'armée de Terre et 95 % de son personnel est civil ; il existe des accords avec plus de 85 universités où se forme la majeure partie de son personnel. On trouve en librairie aux États-Unis une centaine d'ouvrages sur la logistique militaire.

Il est très significatif que, depuis plusieurs années, le Département de la Défense américain (DoD) a lancé de nombreuses expérimentations dans le domaine logistique :

– *Velocity Management* (amélioration de la vitesse dans une optique de juste-à-temps) avec la Rand, *Focused Logistics*, *Agile Combat support*, etc. ;

– ILC (*Integrated Logistics Capabilities*), une initiative au sein du Marine Corps avec la mise en place de méthodes parfois très classiques – mais non utilisées jusqu'à présent – ou récentes de gestion des stocks et métrique (ERO, ROP, *Dollar banding*, etc.) ;

– utilisation de la méthode SCOR d'intégration de la *supply chain*[1] avec un certain nombre d'expérimentations (turbines à gaz LM2500 de la Navy, Howitzer Crusader de l'Army, ILC, etc.) ;

– suppression ou transformation profonde d'une grande partie des normes ILS (soutien logistique intégré) pour se rapprocher des normes civiles.

Tout ne s'est cependant pas passé, semble-t-il, de façon totalement satisfaisante pendant les opérations militaires en Irak, encore qu'il faille être prudent devant des opinions très contrastées. Le DDOC (*Deployment and Distribution Operations Center*), une équipe de 100 experts en logistique, a été envoyé lors de l'apparition des premiers problèmes de distribution des fournitures aux opérationnels. Ce groupe, créé pour la mission en Irak, était composé de forces du Transcom (*Transportation Command*) et de la DLA. Les soldats et les marines se sont plaints de la pénurie des équipements de base et des difficultés pour obtenir sur le terrain (*last tactical mile*) les pièces de rechange pour les véhicules et appareils.

Le système a cependant donné satisfaction au niveau stratégique. Les difficultés sont surtout apparues au moment du déchargement des conteneurs des bateaux ou des avions. Une insuffisance de l'entraînement aux opérations logistiques a aussi été mise en avant. Les containers étaient stockés et les équipes qui devaient s'occuper du dispatching étaient continuellement surchargées : on était ainsi obligé d'ouvrir plus de la moitié des conteneurs et de regarder ce qu'il y avait dedans, car on avait complètement perdu les traces de leur provenance, de leur contenu et de leur destination. Le DDOC a identifié par exemple 2 500 containers de matériel de construction qui ont été envoyés en Irak alors qu'ils n'étaient pas nécessaires, et a dû en rapatrier environ 1 700.

On a ainsi souligné le problème des RTCH, engins permettant de manipuler les conteneurs lors du déchargement des bateaux. C'est un engin complexe, équipé d'un système de diagnostic qui permet de vérifier le contenu des containers. Environ 100 RTCH ont été envoyés en Irak, mais les opérateurs en ont cassé, parce qu'ils ne savaient pas s'en servir, pour un montant de 500 000 $; or quand un RTCH tombe en panne, le conteneur ne peut plus bouger, ce qui bloque la *supply chain*.

L'armée française, dont la capacité d'évolution est importante, a commencé plus récemment à envoyer ses logisticiens à l'Université et l'on peut penser que dans les prochaines années la logistique militaire sera fortement influencée par les méthodes civiles, une fois résolus les épineux problèmes de corps,

1. Méthode d'analyse dont la promotion est assurée par le Supply Chain Council auquel appartiennent les principaux manufacturiers américains. James T. Eccleston, Assistant Deputy Under Secretary of Defense, déclarait à ce propos en 2000 « qu'un certain nombre d'organisations logistiques militaires en étaient restées à l'état de l'art de 1975 alors qu'on était en l'an 2000 ».

tableaux d'effectifs des officiers généraux et supérieurs, emplois du personnel civil du ministère de la Défense, rémunérations des uns et des autres, etc.

■ La sous-traitance logistique dans les forces armées

Les militaires, avec quelques raisons, n'aiment pas utiliser l'expression « sous-traitance » et préfèrent plutôt parler de « coopération civilo-militaire ». On évoque parfois les possibilités de dysfonctionnement et les risques d'une moindre qualité de service avec des entreprises privées plus intéressées par le profit que par le souci de servir leur pays. Ils la pratiquent cependant depuis longtemps pour certaines fonctions secondaires.

La phase actuelle de transfert de charge est plus sensible car il s'agit de fonctions vitales comme une partie de la maintenance quel que soit le matériel. Les avions Hercule sont maintenus au Portugal après un appel d'offres européen. Eurocopter et Turbo-méca assument une grande partie du maintien en condition opérationnelle des matériels aéronautiques des armées : livraison de pièces, réparations et grandes visites de sous-ensembles. Il n'en reste pas moins en France une certaine crainte de perdre les savoir-faire et les capacités nécessaires à leur indépendance et aussi, au niveau du Ministère, une telle politique doit s'insérer dans le contexte social difficile des directions militaires à personnel civil et des entreprises publiques en difficulté comme GIAT Industries.

Il est vrai cependant que la *supply chain* d'une intervention extérieure présente de nombreux points communs avec une *supply chain* civile.

On peut analyser en effet :

– des activités de transports maritimes ou aériens extrêmement classiques ;

– des gestions d'entrepôts et plates-formes ;

– des activités de livraisons de biens de consommation depuis un certain nombre de producteurs français jusqu'à une zone de « merchandising militaire » à travers un pipe-line logistique et des plates-formes de distribution, activités assez analogues à la logistique d'un distributeur assurant l'approvisionnement d'hypermarchés ;

– des activités de livraison de fuel assez classiques vers des flottes de véhicules, avions, etc. ;

– des activités d'entretien de flottes de véhicules ou de parcs de matériels techniques pour lesquels un certain nombre d'entreprises de *Third Party Maintenance* ont maintenant une bonne compétence internationale, y compris dans des conditions parfois difficiles (plates-formes et sites pétroliers, etc.) ;

– des activités de messagerie internationale pour l'envoi de paquets ou colis, depuis toute la France jusqu'au théâtre d'intervention ou au moins jusqu'au point de départ français du pipe-line logistique, activités dans les deux sens (retour de sous-ensembles à réparer, envoi de pièces de rechange, etc.) ;

– des fournitures de progiciels intégrés, de management de *supply chain* avec DRP, *tracking*, EDI, préparation du *cross-docking*, etc. ; on peut penser que de tels progiciels sont parfaitement capables de gérer les pipe-lines logistiques de ce type jusqu'à l'unité finale, remplaçant les très nombreux logiciels souvent peu compatibles développés par les différentes armes et services, pour assurer enfin un *tracking* temps réel de tous les matériels déplacés ;

– des fournitures de progiciels de GMAO (gestion de maintenance assistée par ordinateur) permettant de suivre aussi bien sur le terrain qu'aux divers échelons logistiques l'activité technique et la maintenance des équipements, comme il est de règle par exemple pour les avions…

Bien entendu, il existe de nombreuses spécificités militaires à de telles activités :

– envois massifs avec de très faibles préavis ;

– protection des produits avec utilisation systématique de conteneurs pour la voie maritime, conteneurs que les flottes de camions des transporteurs civils ont peu l'habitude de transporter par la route, en dehors des zones portuaires ;

– difficulté de faire travailler des personnels civils dans des zones à risques en distinguant d'ailleurs les différentes zones selon les risques encourus :

- zone à risque inexistant, pays en paix sans troubles majeurs de l'ordre public ;
- zone sécurisée, zone où la sécurité est maintenue par un fort dispositif militaire et policier où l'on peut employer des personnels civils avec des assurances particulières ;
- zone à risques limités, zone où la sécurité est maintenue par un fort dispositif militaire, où épisodiquement des feux peuvent être appliqués ;
- zone des combats, zone habituellement soumise à des feux (zone d'emploi de militaires) ;

– nécessité de contrôler l'origine et la nature de tous les chargements contre les risques d'attentats (ce qui existe d'ailleurs désormais pour les transports aériens civils) ;

– spécificités de la maintenance de certains matériels militaires qui demandent une formation particulière, un outillage spécifique et un certain volume permanent permettant de maintenir en activité un personnel civil spécialisé ;

– danger de faire intervenir des entreprises dont la propriété du capital et la direction pourraient être contrôlées par des centres de décision étrangers ayant des intérêts divergents de ceux du gouvernement français ;

– sécurité des communications informatiques ;

– problèmes de droit du travail posés par des salariés privés qui continuent de bénéficier du droit de grève et de la réduction du temps de travail quelles que soient les circonstances.

Toutes ces spécificités impliquent de définir des types de relations contractuelles différentes des règles publiques d'appel d'offres mais tout à fait classiques dans les nouvelles relations de sous-traitance entre entreprises. Elles obligeraient cependant les armées à passer une partie de leurs contrats en *open book*, ce qui suppose une très bonne maîtrise des techniques comptables commerciales.

Il existe déjà de nombreux exemples de coopération civilo-militaires et ces contrats prennent de plus en plus d'importance.

C'est d'abord vrai aux États-Unis. Pendant la guerre du Golfe, en 1991, 1 personne sur 50 à proximité du champ de bataille était un civil sous contrat. En Bosnie, en 1996, cette proportion était passée à 1 pour 10. Ainsi Kellog Brown & Root a assuré pour 2,2 milliards de dollars la logistique des troupes

américaines dans les Balkans[1]. Il est vrai que le phénomène ne se limite pas à la logistique et permet parfois de contourner la limite des effectifs autorisés par le Congrès ou peut être de réaliser des opérations plus discrètes.

Le Pentagone aurait dépensé plus de 13,8 milliards $ pour les opérations en Bosnie, Macédoine et Kosovo depuis 1995. Sur ce budget, 2,2 milliards auraient été utilisés sous forme de contrats passés avec des entreprises privées qui proposent des services de logistique ou de maintenance dans les opérations de paix, mais peuvent aussi proposer des services plus tournés vers le soutien direct aux forces armées ou un rôle d'encadrement et de formation des forces armées étrangères.

La Grande-Bretagne, au travers d'une agence, lancée dès 1992 par le chancelier de l'Échiquier et rebaptisée en 1997 Public Private Partnership (PPP), a cherché à impliquer les entreprises privées dans la réalisation de services qui étaient jusque-là assurés par le service public. Le ministère de la Défense qui possède un département au sein du PPP a décliné plusieurs applications. Elles concernent entre autre l'entraînement et la formation, les activités immobilières, les servitudes (eau, électricité, traitement des déchets, etc.), les communications et le traitement des informations, les dépôts de munitions et de carburant, les services de santé, de restauration, de gestion de paie et de retraites, etc. Un des exemples les plus connus est le ravitaillement en vol des avions militaires qui relève de la *private finance initiative*, les appareils de ravitaillement servant aux militaires en cas d'opérations et le reste du temps au transport civil. Des sociétés ont obtenu des contrats de location pour les parcs de véhicules de la gamme commerciale pour les forces britanniques stationnées en Allemagne (5 200 véhicules) et pour les engins de levage et de manutention des dépôts de l'armée de Terre (1 400 engins).

En Allemagne, une société mixte, la GEBB (Gesellschaft für Entwicklung-Betriebs und Bedarfsschaffung), a été créée pour prendre en charge le soutien des unités, la gestion des infrastructures, les transports du temps de paix, la gestion des dépôts de munitions et la location des véhicules de type civil.

En France, de grands groupes (Giat Industries, Renault V.I., Bergerat-Monnoyeur, etc.) sont déjà prestataires de services pour la maintenance et l'instruction sur les systèmes d'arme ou les matériels qu'ils livrent à leurs clients. Des prestataires logistiques comme GEODIS ont déjà procuré aux armées des moyens de transport pour le transport de forces en Afrique, etc.

On notera d'ailleurs que, si initialement une base de soutien logistique d'un théâtre d'opérations extérieur est totalement militaire et possède toutes les caractéristiques de mobilité et de sûreté pour un soutien en zone à risques, sa nature peut évoluer au même rythme et dans les mêmes conditions que celles de l'opération. Si celle-ci dure et si la situation en terme de sécurité se stabilise, elle peut voir externalisées tout ou partie des prestations qu'elle assure au profit des forces. Sans changer de localisation, de mission, de structure, une base de soutien logistique 100 % militaire peut devenir presque totalement animée avec des partenaires civils.

Le recours à la sous-traitance s'est fortement développé dans le monde militaire sous la pression des restrictions budgétaires. En 2004, l'Armée de l'Air a

1. E. Leser, *Le Monde*, 11 février 2003.

lancé une initiative totalement nouvelle en France, déjà mise en œuvre au Royaume Uni, qui consiste à lancer un appel d'offres pour gérer les pièces des aéronefs des armées françaises. La solution envisagée passe par la création d'un consortium associant :

– un industriel ayant une compétence dans le secteur aéronautique pour assurer le respect des réglementations propres à ce secteur ;

– une institution financière apportant un financement de grande ampleur sachant que ce consortium aura la mission d'acheter les pièces en étant responsable de leur sourcing et par conséquent de porter le stock de ces pièces de rechange ;

– un prestataire logistique assurant les transports d'approvisionnement et de distribution vers les ateliers de maintenance ainsi que l'entreposage et la préparation de commande des pièces ;

– une entreprise de maintenance assurant les fonctions de mutualisation des sourcings, de réparation, de maintenance et de contrôle ;

– une société d'ingénierie logistique participant à la conception de la solution, son déploiement et son évolution dans le temps avec une compétence marquée au niveau du choix et de l'intégration des solutions systèmes d'informations sur l'ensemble des couches fonctionnelles des opérations.

Ce type de solution fait appel à la création d'une organisation du type 4PL déjà évoquée dans un chapitre précédent apte à sélectionner les meilleures briques fonctionnelles et opérationnelles permettant d'atteindre les enjeux d'un tel appel d'offres. Il s'agit donc sans aucun doute d'un nouveau business modèle permettant de fédérer des partenaires autour d'un objectif porteur et ambitieux. Il permet :

– aux sociétés de maintenance de mutualiser le portefeuille de fournisseurs et les « stocks virtuels » et de desserrer la contrainte de taille critique ;

– aux petits fournisseurs de mutualiser le coût du dispositif logistique et de son pilotage ;

– aux constructeurs d'aéronefs de faciliter le soutien des appareils et donc de renforcer leur proposition de valeur ;

– à l'industriel qui pilote et anime le consortium de profiter de l'effet de quantité sur les prix.

Ce développement s'est accompagné au sein des Armées de la création d'une nouvelle organisation, la SIMMAD, maître d'ouvrage délégué (MOD) du Maintien en Condition Opérationnelle (MCO) des aéronefs des armées françaises. La SIMMAD partage cette MOD avec la Direction Générale de l'Armement (DGA) et les Services du Matériel. Cette MOD répond aux objectifs stratégiques de service en termes de disponibilité et ce, sous contrainte budgétaire, émis par les Etats Majors, maîtres d'œuvre. Ce service est rendu aux Forces et Commandements et rempli par les industriels et les organismes publics qui agissent en tant que maîtres d'œuvre. La SIMMAD a pour mission d'assurer la meilleure disponibilité des aéronefs du Ministère de la Défense et d'en maîtriser les coûts. Responsable du management global du maintien en condition opérationnelle (MCO) des matériels aéronautiques, cette structure intégrée (armées - gendarmerie - délégation générale pour l'armement) fédère toutes les fonctions qui y concourent : expression des besoins et passation des

marchés d'acquisition de rechanges et de prestations de soutien, gestion financière des crédits alloués, réalisation de la logistique amont et, par délégation des états-majors d'armée, maîtrise d'ouvrage de la maintenance des matériels aéronautiques et de la distribution des pièces de rechange (source : Armées, Sirpa Air).

Il s'agit d'approvisionner depuis environ 3 000 fournisseurs environ 300 millions d'euros de pièces de rechange au nombre de 900 000 références articles et pour maintenir en ordre de vol environ 2 000 aéronefs. Le pilotage global à travers une tour de contrôle du type 4PL est crucial pour optimiser la disponibilité des pièces et éviter les AOG.

Une approche du même a été initialisée pour les matériels de l'Armée de Terre au niveau de la DCMAT (Direction Centrale du Matériel de l'Armée de Terre) à partir d'un diagnostic très complet du MCO des matériels terrestres. Deux problématiques clés rendent la situation difficile et les actions urgentes à savoir d'une part, l'âge du matériel et la sophistication électronique des nouveaux matériels qui conduisent à des plans de maintenance totalement différents que ceux qui étaient d'usage sur des matériels classiques et d'autre part, l'âge des maintenanciers pour la plupart civils dont le départ à la retraite proche pose un problème très critique non seulement de capacité de maintenance mais surtout de perte de savoir.

■ Le développement d'une logistique d'assistance aux populations civiles au travers du volet des actions dites civilo-militaires (ACM)

Un autre aspect nouveau réside dans l'importance des missions humanitaires confiées aux armées modernes. Les états-majors anglo-saxons sont d'ailleurs familiarisés avec les concepts de *civil affairs* et de *civil affairs operations* traduits en France par le concept d'*actions civilo-militaires* (ACM) à partir du sigle OTAN CIMIC (*Civil Military Cooperation*). Les armées occidentales n'interviennent plus en effet que dans un contexte idéologique qui leur impose de prendre en compte les besoins des populations civiles en faveur desquelles elles interviennent. Le soutien humanitaire devient donc un objectif nécessaire de toute opération militaire et l'on peut penser que de plus en plus d'interventions effectuées par des armées seront même strictement humanitaires (tremblements de terre, famines, tsunamis, épidémies, etc.) sans volet militaire ou seulement ce qui est nécessaire pour assurer l'ordre et la protection des intervenants. Les armées doivent donc prévoir tout ce qui peut être nécessaire aux populations en assurant un retour à une situation normale : nourriture, eau potable, soin des malades et des blessés, logements provisoires, électricité, télécommunications, matériel scolaire, assistance aux animaux domestiques et aux cultures, etc. L'armée américaine a créé une classe de matériel, la classe 10, pour recouvrir tous ces matériels nécessaires aux affaires civiles.

La difficulté est que les militaires disposent le plus souvent des moyens logistiques nécessaires à des interventions d'une certaine ampleur, sans avoir nécessairement le savoir-faire humanitaire, la vocation ou parfois la crédibilité politique vis-à-vis des populations assistées ou encore les autorisations des États concernés.

Cependant, les organisations militaires modernes adaptées à ces nouveaux types d'intervention réalisent une séparation entre les forces d'intervention dites projetables et les organismes et états-majors logistiques susceptibles de

réaliser la projection et de la soutenir quelle que soit la configuration de forces retenue pour une opération particulière, qu'elle soit nationale, ou internationale. C'est le cas par exemple de la nouvelle organisation de l'armée de Terre française. On peut donc imaginer la projection de missions purement humanitaires mixtes par les organisations logistiques militaires, des *humanitarian aid operations*, comme les appelle l'OTAN, dans le cas de tremblements de terre, inondations, guerres : transports jusqu'au lieu d'intervention, gestion d'une zone logistique de théâtre auprès des points de débarquement aérien et maritime, transport à l'intérieur du théâtre d'intervention, base logistique avancée à proximité des lieux d'intervention.

■ Logistique humanitaire et logistique militaire : un rapprochement souhaitable

Les centaines d'ONG de toute nature qui interviennent dans les mêmes occasions sont d'ailleurs bien conscientes des limitations logistiques de leurs interventions. Certaines ne regroupent que quelques dizaines de volontaires occasionnels avec des budgets annuels de quelques millions d'euros. D'autres plus importantes, comme Médecins du Monde ou Médecins sans frontières, les « *French doctors* », organisent des logistiques d'urgence avec cependant des moyens limités. Certaines regroupent leurs ressources humaines et matérielles par exemple au sein de Glob'Actions pour pouvoir apporter des prestations plus complètes et plus rapides. Une association à but non lucratif comme Atlas Logistique a été fondée en 1993 à l'initiative de professionnels de la logistique et de volontaires de l'action humanitaire afin d'apporter une aide technique et logistique à des projets d'aide humanitaire tant en France qu'à l'étranger.

L'Organisation panaméricaine de santé (OPS) et la Fondation pour le développement d'un système de gestion des approvisionnements (FUNDESUMA) ont mis en place en 1991 un logiciel de gestion des approvisionnements nommé SUMA. Il prend en compte toutes les étapes qui suivent la réception des dons à la distribution du matériel. Ce logiciel est mis gratuitement à la disposition de toute organisation d'intervention en français, anglais, espagnol et portugais. Il a été appliqué avec succès principalement en Amérique latine et aux Caraïbes (zones souvent touchées par les catastrophes naturelles) ces dix dernières années. Il a l'avantage de permettre la collaboration avec les autorités locales et les donateurs. Après définition des priorités et des zones d'urgence par les équipes sur place, il peut établir les zones d'action. C'est également un outil de contrôle des inventaires, des entrepôts et de la distribution des secours. L'information est enregistrée aux divers points d'entrée du matériel tels que aéroports, ports maritimes ou frontières.

La réunion à Genève à l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en 2001 de plus de 50 spécialistes de la logistique, travaillant dans les organisations internationales les plus fréquemment sollicitées lors des catastrophes, a émis l'idée d'une plus étroite collaboration avec les services des forces armées afin de maintenir l'ordre lors de la distribution et la répartition du matériel par exemple.

Les principaux utilisateurs de ce logiciel sont les OG, ONG de santé et secours : Croix rouge, OPS et OMS, Défense civile ou forces armées, ainsi que ministères d'Affaires étrangères, et bureaux des douanes.

L'utilisation de ce logiciel simple à l'échelle internationale nécessite toutefois une formation dont les objectifs sont d'informer sur :

– le classement et l'identification des secours ;

– l'utilisation du logiciel ;

– l'utilisation du système d'étiquettes de SUMA ;

– des aspects opérationnels de secours (communications par radio et satellite, utilisations de générateurs, etc.).

Il n'y a pas de système d'identification par code à barres, car le contenu des cartons change régulièrement. L'avantage principal et non négligeable est qu'il est associé à Internet, facilitant ainsi le partage des informations avec d'autres organisations ou les autorités locales. Ce système assure donc une traçabilité indispensable du matériel, et informe de la tenue des stocks, de la manutention et de la disponibilité.

Passé les premières semaines d'intervention d'urgence après le tsunami de décembre 2004, on a pu cependant se poser des questions sur la capacité logistique de la France ou de la Communauté européenne et de ses organisations humanitaires d'intervenir très loin dans un contexte difficile. Ces organisations humanitaires avec leur concours de bénévoles dévoués, compétents et dénués pour la plupart d'arrière-pensées politiques, au moins dans nos pays, sont irremplaçables mais ne disposent pas le plus souvent d'une organisation logistique répondant vraiment à leurs besoins. Or les armées possèdent une organisation, des méthodes et des moyens, encore insuffisants mais réels, pour intervenir dans ces conditions. La tentation la plus évidente est de faire coopérer les uns et les autres au coup par coup en fonction des circonstances.

Les équipes spécialisées civiles ou militaires pourraient alors intervenir dans tous les domaines nécessaires : hôpitaux de campagne, hébergement, nourriture, soins et gestion administrative des personnes déplacées, réfugiées ou évacuées, remise en état des centrales électriques, installations de distribution d'eau et d'assainissement, gestion des secours, équipes de sauveteurs spécialisés, etc.

On notera aussi que dans la plupart des armées des pays développés, par exemple l'armée américaine, la logistique s'appuie de plus en plus sur des moyens civils et adopte les méthodes et progiciels de la logistique civile. On peut aussi remarquer que, par nature, le déploiement logistique sur un théâtre d'opérations extérieures s'intègre dans une double hiérarchie opérationnelle et logistique. Une organisation logistique au service aussi bien de civils que de militaires est donc parfaitement acceptable dans le nouveau contexte stratégique des armées et de leurs opérations extérieures.

La difficulté principale est bien entendu psychologique. Les « *humanitaires* » – et cela se comprend – n'ont pas une attirance particulière pour leurs armées même si sur le terrain les relations sont souvent excellentes entre les uns et les autres mais limitées par nature. Nos militaires n'ont pas envie non plus de perdre de leur indépendance en ce domaine. Mais nos concitoyens, comme d'ailleurs ceux des autres pays européens, se sentent un devoir moral très fort d'intervenir dans le tiers-monde chaque fois que se produisent des désastres naturels ou non : tremblement de terre, tsunami, inondations, famines, épidémies, guerres ou désordres insupportables. Ces interventions, y compris les

interventions militaires pour rétablir la paix, trouvent un très fort soutien dans l'opinion. Lorsque chaque année quelques-uns de mes étudiants font un exposé sur la logistique humanitaire, ces exposés provoquent un exceptionnel enthousiasme et suscitent même peut-être quelques vocations.

On peut donc imaginer que la France et la Communauté européenne se donnent les moyens d'une logistique efficace pour ces interventions extérieures de toute nature. La logistique militaire pourrait devenir humanitaire et militaire, toujours rattachée en France au ministère de la Défense mais constituant un corps civil à part, dirigé par un « humanitaire » connu. Bien entendu, existerait toujours une séparation entre, d'une part, les bases de soutien divisionnaire, trains de combat et une ou deux brigades logistiques qui resteraient purement militaires et, d'autre part, les états-majors et une ou deux brigades logistiques civiles composées en partie de civils et en partie de militaires hors cadre. Un comité mixte de personnalités venant des deux horizons pourrait conseiller le gouvernement et l'état-major général des Armées et aussi résoudre d'éventuelles difficultés. Une charte préciserait les obligations et les droits de chacun : organisation logistique et organisations humanitaires. Des moyens suffisants et leur utilisation successive dans des contextes différents faciliteraient les actions des uns et des autres. Le caractère humanitaire du budget correspondant faciliterait son acceptation politique. Reste à trouver une formule juridique appropriée mais ce n'est pas le plus difficile.

10.2 Origines du SLI

On a vu dans l'introduction comment, au début des années 1960, Mac Namara avait fait introduire au Département de la Défense des États-Unis (DoD) des procédures pour l'étude des conditions de soutien et d'opération d'un système militaire dès sa conception et la comparaison des projets par rapport à leur coût de cycle de vie total (*Life Cycle Cost* : LCC).

Cette approche était une nécessité absolue dans le cas de grands systèmes d'armes extrêmement onéreux. On dit par exemple dans la Marine qu'un bâtiment de guerre doit être payé trois fois : une fois qui est son prix d'études et de construction, une fois pour ses approvisionnements en munitions, fusées, etc. et une fois pour ses frais d'entretien et de carénages. Il serait anormal de comparer deux projets pour un même bâtiment de guerre aux caractéristiques opérationnelles identiques en ne tenant compte que du coût d'acquisition qui, *grosso modo*, ne représente qu'un tiers du LCC (figure 10.4).

Les concepts qui sont à la base du SLI ont donc été développés à partir des années 1960 pour trouver leur expression en 1974.

L'expérience avait fait émerger une deuxième idée, conséquence de la première. On achète rarement un système d'armes clefs en mains : le plus souvent, la conception et la réalisation d'un système d'armes sont le fruit d'une collaboration entre le DoD et des fournisseurs. Puisque les conditions du soutien d'un système d'armes, son organisation et son coût sont d'une extrême importance, il faut être capable, dès la conception du système, de les déterminer avec un maximum de précision pour savoir où l'on va (enveloppe du projet) et aussi pour essayer de les améliorer et d'en réduire les coûts. À la fin de la phase de définition d'un projet, moins de 5 % des coûts sont engagés alors que

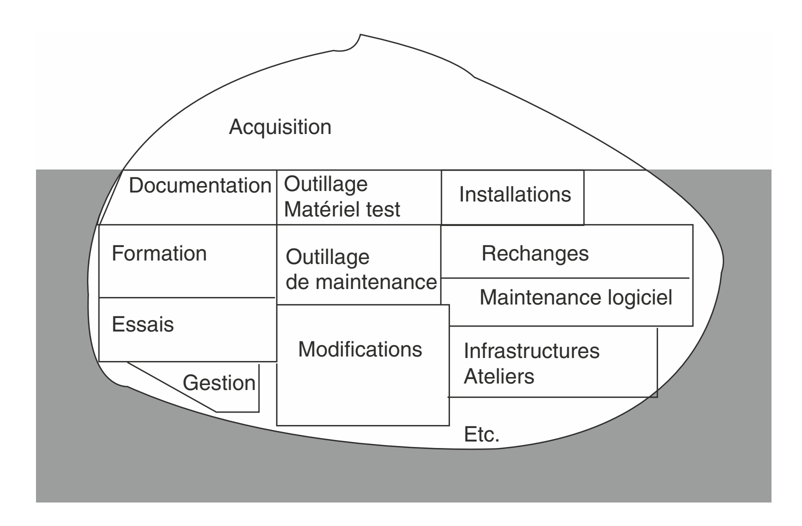


Figure 10.4 – L'iceberg du coût global de possession.

plus de 65 % des coûts sont fixés du fait des solutions retenues. Durant l'étape de conception, 80 % des coûts sont déterminés alors que cette étape de conception ne représente que 20 % du budget consommé. À la fin de la phase de développement d'un tel projet et donc avant toute réalisation, 90 % du coût global sont déjà déterminés et il est trop tard pour les modifier (figure 10.5). Il en résulte que toute modification en cours de vie d'un projet devient extrêmement coûteuse (figure 10.6). Les éléments de soutien que l'on voudrait ainsi prendre en compte dès la conception d'un produit sont :

– le personnel nécessaire à l'utilisation du système et à son soutien (effectifs, qualification, transport, soutien médical, etc.),

– la formation à donner à ce personnel,

– la documentation technique d'exploitation et de maintenance,

– les moyens informatiques nécessaires au suivi du système et leur soutien,

– les infrastructures nécessaires pour exploiter le système et le maintenir en état,

– la gestion des faits techniques et des plans de maintenance,

– les approvisionnements nécessaires à la mise en oeuvre et au soutien (y compris les pièces de rechange),

– l'emballage, la manutention, le stockage et le transport de ces approvisionnements, – les équipements nécessaires au soutien et aux tests,

– l'élimination des matériels et des installations et leur éventuel recyclage.

Il s'agit donc de concevoir un système « clefs en mains » ou même un peu plus « soutien en mains » et donc « de :

– s'assurer que le soutien est pris en compte dans l'énoncé des exigences relatives au système étudié et dans la définition de celui-ci ;

– spécifier et définir le système de soutien en optimisant l'ensemble système / système de soutien ;

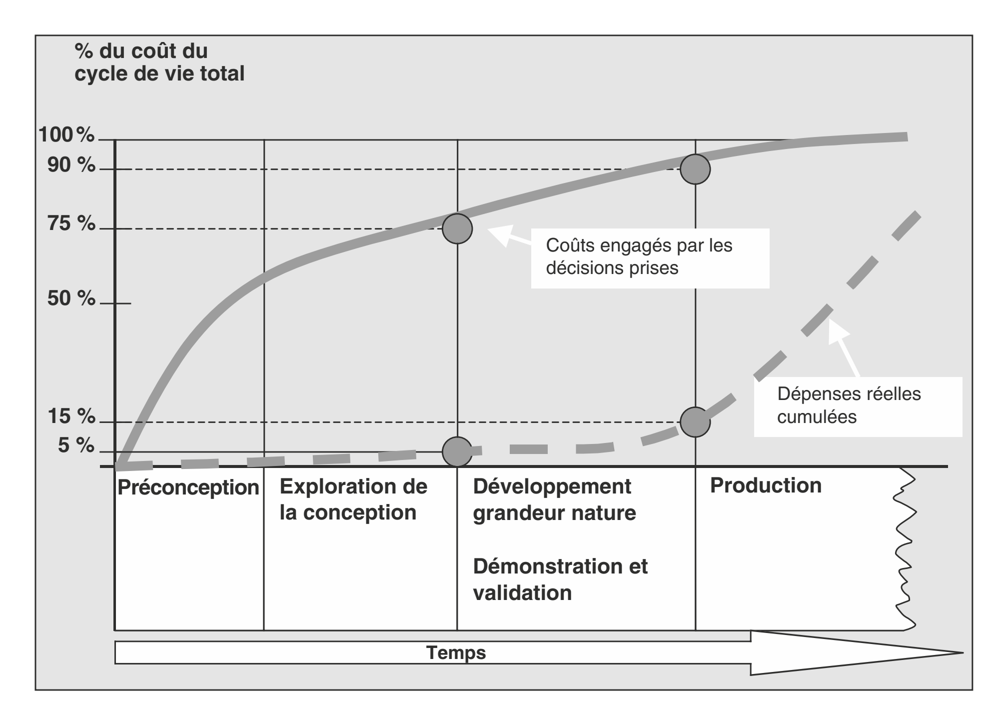


Figure 10.5 – Engagement du coût du cycle de vie.

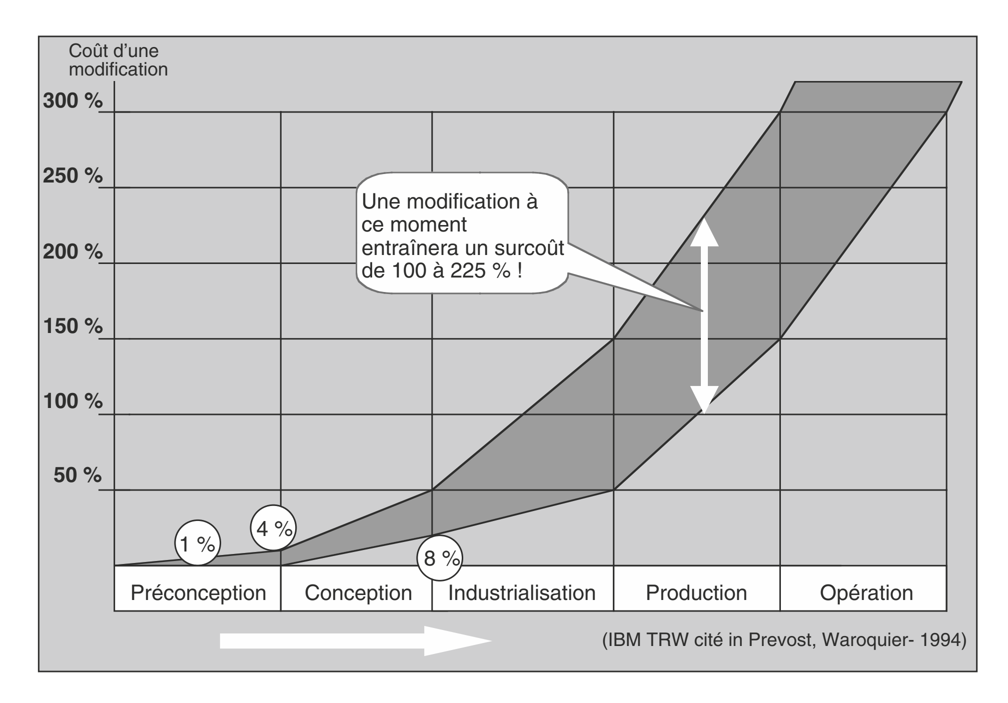


Figure 10.6 – Incidence d'une modification sur les coûts.

– mettre en place le système de soutien ainsi défini ;

– maintenir le système de soutien pendant la vie de l’outil. »

Bien entendu, dans le monde d’une administration nord-américaine, de telles exigences s’expriment par des normes, les MIL STD, et l’essentiel des concepts du SLI se sont exprimés à travers ces normes. Parmi elles, un ensemble de normes (les normes MIL STD 1388) a défini la façon dont, à partir des principes posés par le professeur Blanchard et vulgarisés par la SOLE, association de logisticiens, ces études du soutien logistique intégré devaient être menées, sous le nom de *Logistics Support Analysis* (LSA) – en français, analyse du soutien logistique (ASL). Ces normes décrivaient particulièrement les délivrables, c’est-à-dire les rapports qui devaient être établis par les contractants de la Défense et plus encore les données informatisées à produire tout au long des phases d’études, intégrées à une base de données. D’abord fournies dans les années 1960 au format 80 colonnes des cartes perforées, ces bases de données se sont peu à peu développées et enrichies jusqu’à devenir un élément essentiel du SLI. De nombreux programmes informatiques de recueil et de traitement de ces données ont été développés par des fabricants de progiciels spécialisés. Par la suite tout cela allait s’intégrer dans un vaste projet informatique de partage des données, le projet CALS. Cet ensemble extrêmement important (en volume mais aussi par les contraintes rémunérées qu’il faisait porter aux contractants de la Défense), de progiciels et de documents normatifs du DoD constitue donc le SLI.

Ces concepts et ces normes du SLI ont alors trouvé un champ d’application en d’autres domaines que les projets du DoD. Tout d’abord l’OTAN, qui a développé de nombreux projets de grands systèmes militaires communs à plusieurs pays, a réutilisé les méthodes et les normes du SLI, de même que les grands clients militaires des États-Unis ou des autres pays de l’OTAN. Les mêmes techniques ont été utilisées pour les projets exigeant une grande fiabilité, particulièrement le nucléaire, l’aéronautique et l’espace. Les méthodes utilisées par le SLI et qui n’étaient pas toutes originales, comme les AMDEC par exemple, ont vu leur utilisation se développer. En outre, le SLI a connu des développements informatiques importants avec le projet CALS, comme on le verra au chapitre 17. Avec la crise des industries d’armement dans les années 1990, les praticiens du SLI et de CALS ont cherché, sans grands succès d’ailleurs, à « revendre » aux industriels ces techniques (et les progiciels qui les mettent en œuvre) et de nombreux organismes œuvrent à la diffusion des techniques issues du SLI. Ainsi, en France, l’ISDF (Institut de sûreté de fonctionnement) et le district français de la SOLE se sont associés pour développer la méthodologie ICS (intégration de la conception et du soutien), méthodologie sur laquelle nous reviendrons. D’autre part, comme on le verra, des méthodologies de conception de produits industriels se sont développées depuis dix ans avec des concepts qui sont parfois assez proches du SLI.

Depuis les années 1980, la conjoncture stratégique a beaucoup changé et, dans les années 1990, les budgets de défense se sont réduits, particulièrement aux États-Unis : « le budget américain de la Défense de 1997 était en réduction de plus de 40 % par rapport à celui de 1985 » (Bardou, 1985). L’objectif que s’est donné à l’époque le gouvernement des États-Unis a donc été de réduire le coût des programmes militaires et aussi leur durée. Or il est apparu que les spécifications militaires augmentaient très sensiblement les

coûts d'acquisition et retardaient les programmes. Comme l'écrivait un responsable de la Sole, « tous ces rapports étaient bien payés et parfois utilisés… ». Il a donc été décidé de réduire au minimum ces spécifications, y compris dans le domaine logistique, et de s'aligner chaque fois que possible sur les standards civils. Une telle politique devrait en outre permettre aux industries de défense de se rapprocher des industries travaillant pour le secteur civil. Les pays de l'OTAN, sans aller jusque-là, se sont peu à peu engagés dans la même voie. La part des « achats sur étagères » augmente régulièrement et, par exemple, sur les programmes TIGRE on peut compter 30 % seulement d'équipements nouveaux pour 70 % d'équipements déjà existants alors que sur des programmes plus anciens la proportion était plutôt inverse.

Aux États-Unis, la réforme des normes a été radicale. Toutes les spécifications et standards militaires ont donc été passés en revue par le DoD et chaque standard a fait l'objet d'une décision d'annulation avec son remplacement éventuel par un standard civil, de conversion en simple manuel ou de conservation. Sur les 42 principaux standards MIL STD, 5 seulement ont été conservés. La norme fondamentale sur l'ALS, la MIL STD 1388 1A, a été purement et simplement annulée et non remplacée. Son complément informatique, la norme MIL STD 1388 2B, a été annulé et remplacé par une autre norme, la MIL PRF 49506, assez différente.

Cependant les armées de beaucoup de pays continuent de lancer des appels d'offres et les entreprises d'armement, de produire des systèmes d'armes. Les normes 1388 n'existent plus mais on y fait toujours référence dans les dossiers d'appel d'offres. Les principaux contrats d'armements sur lesquels des entreprises françaises ont travaillé ces dernières années font toujours référence à la 1388-1 et 2 : SAWARI 2, les différents programmes Eurocopter, etc. Le problème est plutôt de savoir si l'on doit utiliser la norme 1388 2A ou 2B, deux versions successives de la même norme, selon les gouvernements concernés… Les programmes informatiques ILSA, OMEGA, SLICBB se partagent la faveur des entreprises d'équipements militaires et l'on continue d'appliquer les anciennes normes. Il faut d'ailleurs relativiser les choses car si l'on applique bien les normes et si l'on remplit correctement les BASL (bases d'analyse du soutien logistique), les grands principes du SLI sont en fait assez peu respectés et l'on rajoute plus souvent une organisation de soutien, d'ailleurs très utile, à une conception a priori parfois peu marquée par ces contraintes logistiques.

On pourrait donc se demander s'il était bien utile de décrire dans cet ouvrage des normes qui officiellement n'existent plus et il faut reconnaître que nous avons hésité à le faire dans les premières éditions, sous l'influence des décisions radicales du DoD. Avec le temps, on s'aperçoit que ces normes sont toujours utilisées et nombreux sont ceux qui pensent qu'elles constituent, comme aime à le rappeler le Professeur Blanchard et les dirigeants de la Sole, une sorte d'état de l'art de l'ingénierie de système applicable tout autant à la *Business Logistics* qu'à la *Defense Logistics*. On voit d'ailleurs de grandes entreprises civiles, des constructeurs d'avions par exemple, systématiser des approches guère très éloignées de celles du SLI même si l'on se garde bien d'y faire référence. On trouvera donc ici une présentation rapide du soutien logistique intégré et particulièrement de l'analyse du soutien logistique avant d'examiner quelques méthodes civiles de conception de produits et d'équipements et plus en détail, dans les chapitres 11, 12 et 13, les méthodes sur lesquelles toutes ces approches reposent.

10.3 Mise en œuvre du SLI

10.3.1 Les éléments du SLI

La norme Afnor X 50-420, qui reprend la MIL STD 1388-1, énumère les 10 volets qui doivent être pris en compte pour la conception du soutien logistique intégré. On les a repris ci-dessous avec leurs appellations américaines qui apportent parfois un éclairage un peu différent sur leur nature :

- **Préparation et structuration de la maintenance (*Maintenance Planning*)** : c'est l'élément le plus important défini progressivement depuis un « concept de maintenance » jusqu'à la définition précise de chacun des niveaux de maintenance préventive et corrective.
- **Personnel (*Manpower and Personnel*)** : il s'agit de déterminer les besoins quantitatifs et qualitatifs en personnel pour le soutien (*manpower*) aussi bien que la prise en compte du facteur humain dans le soutien et la mise en œuvre des équipements (personnel).
- **Approvisionnement et ravitaillement (*Supply Support*)** : il s'agit particulièrement de l'approvisionnement et du ravitaillement en rechanges, réparables ou non et consommables ainsi que de la gestion des stocks correspondants.
- **Équipement de test et de soutien (*Support and test equipment*)** : tous les outillages, moyens de test et de diagnostic, etc. nécessaires à l'exécution des tâches de maintenance aux différents niveaux.
- **Données techniques (*Technical Data Publications*)** : élaboration de la documentation technique et des plans et autres documents nécessaires pendant la vie du programme.
- **Formation et soutien à la formation (*Training and Training Devices*)** : tout ce qui est nécessaire pour former le personnel tant à la mise en place du programme que tout au long de sa vie, y compris les matériels, documentations, supports de cours, aides pédagogiques nécessaires.
- **Ressources informatiques (*Computer Resources Support*)** : moyens informatiques, matériels et logiciels, nécessaires à la mise en œuvre de la maintenance, y compris la maintenance des logiciels intégrés au produit.
- **Installations de soutien, y compris les infrastructures (*Support Facilities*)** : immeubles et équipements nécessaires à la mise en œuvre et à la maintenance, y compris les ateliers fixes ou mobiles, moyens d'hébergement du personnel, etc.
- **Conditionnement, manutention, stockage et aptitude au transport (*Packaging Handling Storage + Transportation and transportability*)** : la norme française regroupe, probablement à tort, deux éléments de la norme américaine.
- **Interface de conception (*Design Engineering Influence*)** : il s'agit des caractéristiques du produit étudiées quant à sa disponibilité et sa maintenabilité.

10.3.2 Les étapes de la vie d'un programme

Un programme, quel qu'il soit, système d'armes ou chaîne de montage automobile, peut comme tout projet être divisé en un certain nombre d'étapes qui se suivent dans le temps dans un certain ordre même s'il peut y avoir de temps en temps des retours en arrière (par exemple, révision de la conception après les tests).

Dans l'analyse de ces étapes, on distingue assez souvent dans l'industrie les étapes suivantes :

– décision et conception initiale ;

– spécifications générales ;

– spécifications détaillées ;

– prototypage ;

– industrialisation ;

– réalisation ;

– mise en service et exploitation ;

– fin de vie.

La doctrine de l'*analyse du soutien logistique* (ALS) retient 5 étapes. On trouvera ici ces 5 étapes, telles que définies dans l'ancienne norme MIL STD 1388-1 :

– préconception ;

– exploration de la conception ;

– démonstration validation ;

– développement en vraie grandeur ;

– industrialisation et déploiement.

On notera que la phase « industrialisation et déploiement » contient pour l'analyse du soutien logistique les opérations de postproduction, c'est-à-dire les opérations industrielles qui restent nécessaires une fois que le système est entièrement réalisé. Toutes ces phases se recouvrent au moins partiellement, comme le montre la figure 10.7 qui représente l'ensemble des phases de la vie d'un système et non seulement les étapes de sa conception.

En même temps que l'on déroule les phases du programme, on réalise progressivement l'analyse du soutien logistique :

– Première esquisse du support logistique sous la forme d'un « concept de maintenance » relativement général : ensemble de principes et d'illustrations définissant, dès la conception d'un programme, les niveaux de maintenance, les fonctions principales remplies à chaque niveau de maintenance, les politiques de soutien, les facteurs d'efficacité et les besoins de base de la logistique de soutien.

– Utilisation d'une méthodologie générale de définition et d'optimisation du soutien appelée ASL (analyse de soutien logistique) ; la même méthodologie est réutilisée à chaque phase du programme pour mettre à jour les travaux d'analyse de l'étape précédente.

– Mise en place du soutien logistique en même temps que mise en place du programme.

La norme MIL STD 1388 du DoD des États-Unis formalise la procédure du LSA (*Logistic Support Analysis*). Elle a été pendant des années la référence aux États-Unis aussi bien que dans les pays de l'OTAN – dont la France – pour la fourniture de systèmes militaires. Bien qu'elle ait été supprimée officiellement, elle reste une norme de fait des études d'ASL dans le monde, pour des programmes militaires et civils.

Les études d'ASL sont découpées en 5 sections, elles-mêmes découpées en tâches et sous-tâches. Chacune de ces tâches et sous-tâches est définie par la norme. Elle donne lieu à rassemblement de données et production de données

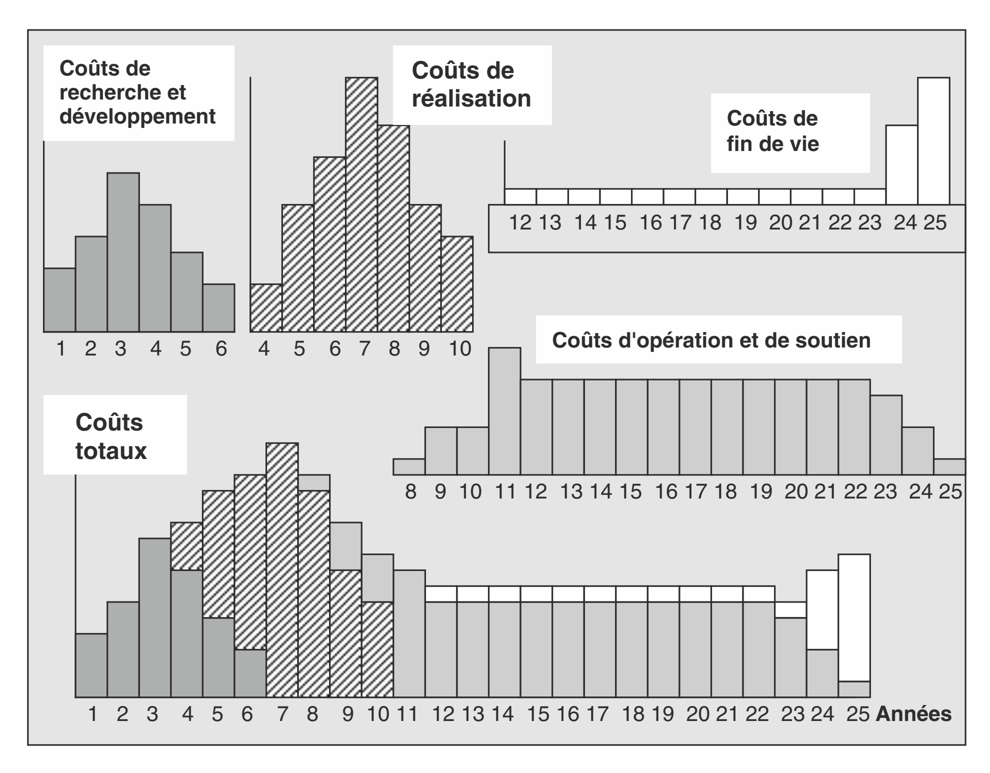


Figure 10.7 – Exemple d'un programme sur 25 ans.

qui sont rassemblées dans une base de données normalisée, la BASL (base d'analyse du soutien logistique ou *Logistic Support Analysis Record*), qui s'enrichit progressivement tout au long de la conception et de la réalisation du programme.

10.3.3 La spirale du SLI

À chaque étape d'un programme, un certain nombre de tâches de l'ASL sont à effectuer ou à mettre à jour. La définition exacte de ces tâches à effectuer varie avec chaque programme. On peut cependant représenter les tâches qui sont généralement à effectuer au cours d'un programme en distinguant les 5 grandes étapes vues précédemment :

– Phase préconceptuelle : on définit une première stratégie, on planifie l'ASL et on procède à une première évaluation.

– Phase d'exploration de la conception (étude conceptuelle avec analyse des variantes) : en plus des tâches de la phase précédente que l'on reprend et développe, on étudie le contexte, procède aux analyses comparatives et analyses fonctionnelles, recherches de solutions et leur évaluation.

– Phase de démonstration et validation : en plus des tâches de la phase précédente, on procède à l'analyse des tâches de soutien.

– Phase de développement en vraie grandeur : il en résulte un prototype. L'étude est concentrée sur la construction et aucune modification majeure des

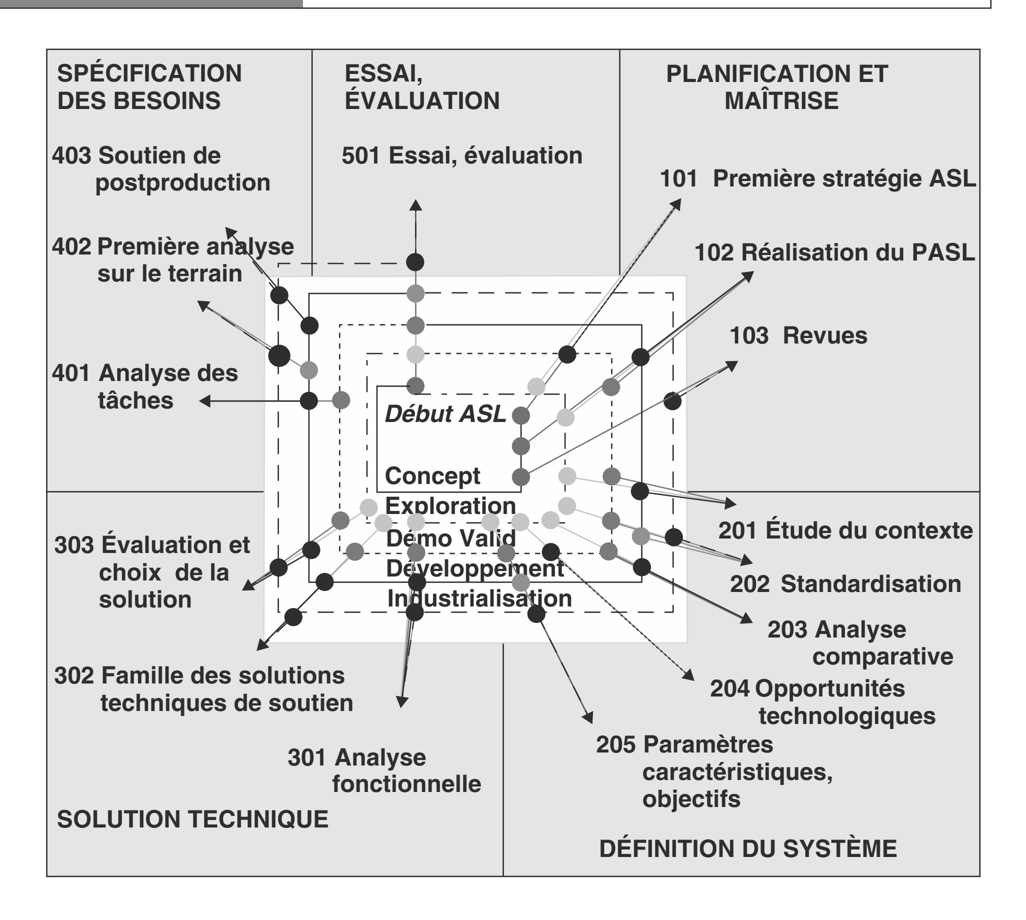


Figure 10.8 – La spirale des tâches ASL.

solutions retenues n'est plus en principe possible. On reprend et développe la plupart des tâches de la phase précédente et l'on procède aux premières études sur le terrain ainsi qu'aux analyses du soutien de postproduction (une fois que la production sera terminée).

– Phase d'industrialisation et de déploiement du programme : on termine une partie des tâches précédentes avant ou pendant la mise en service.

On notera que les tâches de l'ASL sont d'importance très différente en temps passé : une seule d'entre elles, l'analyse des tâches (401) peut représenter 50 % du temps passé à l'ASL. Il s'agit en effet d'analyser de façon détaillée chacune des tâches de maintenance pour déterminer les modes opératoires, les outillages et pièces nécessaires, les compétences nécessaires, le temps passé à chaque opération, etc.

10.3.4 La base de données ASL et les programmes informatiques

La base de données ASL normalisée par la MIL STD 1388 B sous le nom de LSAR – remplacée par la MIL PRF 49506 – reçoit toutes les informations

nécessaires à l'analyse et les restitue tout au long des étapes de la vie du programme :

– Exigences d'exploitation et maintenance – Environnement opérationnel.

– Exigences d'exploitation et maintenance, AMDEC – Description des équipements – Analyses de criticité et maintenabilité.

– AMDEC – Analyses de criticité et maintenabilité – Analyse des tâches d'exploitation et maintenance – Besoins de soutien : personnel, matériel, tests, infrastructure, formation.

– Analyse des tâches d'exploitation et maintenance – Besoins de soutien : personnel, matériel, tests, infrastructure, formation.

10.3.5 Les tâches de l'ASL

■ La tâche 101 : première stratégie ASL

La première stratégie ASL n'est pas la stratégie SLI. Elle ne consiste pas à déterminer quelle sera l'organisation logistique de soutien du système mais simplement comment l'on va arriver à la déterminer à travers l'analyse du soutien logistique.

Lors de la phase de préconception, on va examiner les besoins opérationnels du système tels qu'ils résultent de la préconception et le concept de maintenance initial qui lui est associé. Un des points importants est de déterminer les degrés de liberté dont on dispose pour remettre en cause éventuellement la conception du système.

Comme il existe une certaine liberté d'application de chacune des 84 sous-tâches de l'ASL en fonction du système considéré, la tâche 101 va permettre de déterminer quelles tâches et sous-tâches seront effectuées, par qui et quand. Le coût de l'ASL doit bien entendu être pris en considération.

Un des points importants est l'organisation même de l'ASL dont la norme Afnor X 50-240 énumère trois modes possibles :

– Une équipe spécialisée ASL travaillant de manière autonome avec particulièrement la mission de recueillir les données nécessaires pour remplir la BASL : c'est une solution assez souvent utilisée pour qui veut réaliser une ASL contractuellement obligatoire au moindre coût.

– Une équipe pluridisciplinaire constituée des 10 responsables des éléments constitutifs du SLI, équipe assistée de spécialistes détachés autant que de besoin.

– Des équipes des filières Soutien et Produits intervenant successivement, ce qui paraît peu pratiqué.

Par la suite, les résultats de cette tâche seront simplement remis à jour au cours des deux phases suivantes de conception, s'il apparaît qu'il faut remettre en cause l'approche initiale.

■ La tâche 102 : le plan ASL

Le **plan ASL** (PASL) est la mise en forme des résultats de la tâche 101 précédente. Ce n'est donc pas un plan d'organisation du soutien logistique d'un programme mais un plan d'études. En tant que tel, il n'est qu'un des éléments

de préparation du plan de soutien logistique intégré. Conçue dans l'optique des rapports entre des contractants et l'administration américaine – c'est bien celle de la norme MIL STD 1388 –, cette tâche vise à organiser l'ASL de façon contractuelle entre une entreprise spécialisée et l'administration.

On remarquera que la spécificité des études ASL et leur caractère obligatoire pour la conception de systèmes d'armes aux États-Unis aussi bien que dans beaucoup d'autres pays – dont l'OTAN – a conduit des bureaux d'études à se spécialiser dans ce domaine soit directement pour les administrations militaires, soit pour les constructeurs qui travaillent pour elles. Cette spécialisation est peut-être la cause que les techniques de l'ASL bien documentées d'un point de vue normatif – trop peut-être comme le montre la réaction ultérieure – ont peu pénétré les entreprises qui ne travaillent pas exclusivement pour la Défense.

L'aspect informatique est prédominant dans le PASL. En effet, pour constituer la **BASL** (base de données de l'ASL), il existe de nombreux progiciels depuis de simples programmes jusqu'à des systèmes complexes d'échanges de données et de bases de données relationnelles dans l'esprit de CALS (voir infra). Le système informatique doit donc être étudié en fonction des besoins ASL du programme et des participants souvent nombreux.

Le PASL, initialisé dès la phase de préconception, est remis à jour si nécessaire jusqu'à la phase de développement en grandeur réelle.

■ La tâche 103 : revues de programme

Dans l'organisation nord-américaine des projets, adoptée en France par exemple à travers les plans d'assurance qualité, les *revues* sont des réunions planifiées dès la conception même du projet pour en suivre l'avancement et résoudre entre partenaires les problèmes qui peuvent se poser.

Les partenaires du SLI sont plus particulièrement :

– les utilisateurs : celui qui passe le contrat et ceux qui utiliseront le système ;

– les industriels qui réalisent le système ;

– ceux qui effectuent les différentes études associées au projet.

Le plan ASL regroupe dans cet inventaire des revues mises en place dès le début du programme, les revues d'avancement du projet ASL ainsi que les revues de programme SLI et les revues de conception même du système. En effet le programme ASL est par certains côtés plus large que ce qui devrait ressortir de la stricte conception du soutien logistique mais regroupe aussi des tâches du programme hors ASL (SLI, conception).

■ La tâche 201 : étude du contexte opérationnel

Le principe de base du SLI, et donc de l'ASL, est d'étudier le plus tôt possible le système de soutien en interaction avec l'étude du système lui-même. Mais pour cela, la première chose est d'analyser l'utilisation prévue du futur système avec ses différents paramètres opérationnels.

Pour un système militaire, il s'agit de préciser comment le nouveau système sera intégré dans la structure des forces, comment il sera utilisé en temps de paix et en temps de guerre avec les scénarios les plus probables mais aussi les pires.

Cette tâche implique des *visites sur le terrain* des unités opérationnelles et de leur organisation de soutien pour bien comprendre les capacités existantes et les problèmes rencontrés.

Deux types d'informations doivent être recueillis :

– les informations qualitatives ci-dessus d'environnement opérationnel ;

– leur traduction quantitative qui va permettre d'initialiser la BASL.

■ Les tâches 200 : définition du sous-système et du soutien

Les tâches 200, dont l'étude du contexte (201) que l'on a vue, sont essentielles si l'on veut vraiment réaliser l'ASL dans son esprit d'interaction entre la conception du système et de son soutien et non seulement concevoir une maintenance à partir de la conception du système – comme c'est trop souvent le cas.

L'**étude du contexte (tâche 201)** a permis de définir le cadre général de l'emploi du futur système et de son soutien. À partir de cette première analyse et du « concept de soutien », on va pouvoir déterminer les **paramètres généraux du futur système de soutien et ses objectifs (tâche 205)** compte tenu d'une remise en cause éventuelle de certaines caractéristiques opérationnelles du système et de son concept de soutien. Ce *feed back* est essentiel à l'esprit de l'ASL.

Les étapes de cette démarche impliquent :

– l'identification des ressources de soutien déjà existantes (tâche 202) qui pourront être réutilisées avec le nouveau système :

- articles existants ;
- formations existantes ;
- équipements de tests ou outillages existants ;
- standardisation dans la réalisation des programmes informatiques, etc. ;

– l'analyse comparative de systèmes ou sous-systèmes comparables (tâche 203) qui va permettre à partir d'expériences antérieures de connaître :

- la fiabilité attendue ;
- les problèmes possibles ;
- les conditions de soutien nécessaires ;
- les impacts des choix technologiques sur la sécurité et les facteurs humains ;

cette tâche ne consiste pas à recopier des solutions préexistantes mais au contraire à profiter de l'expérience acquise pour améliorer les conditions du soutien quitte à modifier les concepts préalables ;

– l'étude des opportunités technologiques (tâche 204) en commun entre ceux qui étudient le nouveau système et ceux qui étudient son soutien.

■ La tâche 301 : analyse fonctionnelle

L'**analyse fonctionnelle**, ou plus exactement l'« **identification des besoins fonctionnels** » car l'expression « analyse fonctionnelle » recouvre plus précisément une méthode utilisée dans la première partie d'une étude d'AMDEC, a pour but d'identifier avec précision toutes les tâches de maintenance qui seront à effectuer pour maintenir opérationnelles les différentes fonctions du système

– ou au moins les plus importantes et les plus nouvelles (nouvelles technologies et nouveaux matériels).

Cette analyse repose sur des méthodes très structurées et très précises qui seront abordées par la suite :

– analyse fonctionnelle *stricto sensu* ;

– AMDEC ;

– RCM.

Elles permettent d'établir un véritable plan de maintenance ou au moins d'analyser les choix possibles pour résoudre les problèmes de fiabilité et de maintenabilité : maintenance préventive, modifications de la conception, etc.

Le travail correspondant peut être extrêmement important si l'on veut appliquer l'AMDEC de façon systématique à un grand nombre d'équipements nouveaux pour obtenir un haut degré de fiabilité.

Les tâches 300 : préparation et évaluation des variantes

Les tâches 300, dont on vient de voir la plus importante, la tâche 301 d'analyse fonctionnelle, permettent de proposer des variantes à l'intérieur du plan de soutien. En effet une méthode comme l'AMDEC permet, comme on le verra, de déterminer qu'un composant du système n'est pas satisfaisant soit parce que sa fiabilité est insuffisante, soit parce que les conséquences d'une éventuelle défaillance sont trop importantes, soit les deux à la fois, mais il existe plusieurs façons d'y remédier :

– le remplacer par un composant plus fiable (variante d'étude) ;

– améliorer sa fiabilité par une maintenance préventive plus soutenue (variante de soutien) ;

– le dupliquer pour assurer une redondance (variante d'étude) ;

– accepter une dégradation des performances opérationnelles (variante d'exploitation) ;

– modifier le système pour réduire la gravité des conséquences de sa défaillance, par exemple en plaçant un détecteur qui permet à l'opérateur de remédier à la défaillance (variante d'étude et d'exploitation), etc.

À la fin de l'**analyse fonctionnelle (tâche 301)**, on peut donc regrouper toutes ces variantes dans des **familles de solutions techniques homogènes (tâche 302)** entre lesquelles il faudra choisir avec des organisations différentes du soutien ou des conceptions différentes du système.

La **tâche 303 d'évaluation et de choix** consiste à évaluer et enregistrer les compromis réalisés entre les différentes variantes d'étude, d'exploitation et de soutien.

Mais ces compromis s'affinent peu à peu en cours d'études et de réalisation et la tâche 303 a aussi pour but d'en suivre l'évolution avec l'avancement du projet.

La tâche 401 : analyse des tâches

L'analyse des tâches est ce qui demande le plus de travail dans l'ASL dont elle est le pivot. Il s'agit en effet de décrire chacune des tâches de maintenance avec suffisamment de précision pour déterminer les besoins en main-d'œuvre, en équipements, en pièces de rechange… à chacun des niveaux de maintenance.

Toutes ces informations sont reportées dans le BASL avec :

– la liste des tâches de maintenance codifiées avec pour chacune :
 • son intitulé, sa criticité ;
 • le LCN (LSA Control Number, numéro de l'article au sein de la structure du matériel) de l'article correspondant ;
 • la fréquence de la tâche et l'unité de mesure de la fréquence ;
 • le code du manuel technique où elle est décrite ;
 • les sous-tâches (lieux d'exécution, temps, durée de la séquence) qui forment une séquence d'opérations ;

– une description « littéraire » de la tâche ;

– son besoin en équipements de soutien spécifiques et/ou standard ;

– son besoin en infrastructures nouvelles, existantes à compléter ou existantes conformes ;

– son besoin en matériel de formation ;

– son besoin en personnel avec :
 • niveau de qualification ;
 • qualification (mécanique, électricité, etc.) ;
 • durée totale de la tâche en heures (prévisionnelle et constatée) ;
 • nombre de personnes par tâche et par qualification ;
 • conditions particulières, précautions ;

– son besoin en formation (cours, sur le terrain, type de formation, raisons, criticité) ;

– son besoin en articles de soutien (code fabricant OTAN, référence fabricant, quantité, unité de mesure, catégorie d'article, désignation, criticité, etc.).

■ La tâche 402 : détermination des exigences de ressources du soutien logistique

La tâche 401 est, comme on l'a vu, la tâche la plus importante de l'ASL (en temps passé). C'est aussi presque la dernière avant l'évaluation des résultats du soutien logistique prévu.

Avant de quitter l'ASL pour passer à la réalisation et la mise en place du soutien logistique, il reste cependant deux tâches :

– La **tâche 402 d'« analyse précoce sur le terrain »** : cette traduction un peu étrange de l'américain signifie que l'on doit, après avoir réalisé l'analyse des tâches, préparer la mise en place effective sur le terrain du soutien prévu en étudiant toutes les modalités de cette mise en place en liaison avec les modalités de mise en place des systèmes eux-mêmes.

– La **tâche 403 d'« analyse de postproduction »** recouvre l'étude de tous les problèmes que posera la fin de la production industrielle du système comme :
 • Comment seront produites les pièces de rechange nécessaires ?
 • Comment seront réparés les pièces et équipements réparables ?
 • Disposera-t-on de stocks de composants élémentaires suffisants (puces électroniques par exemple) pour réparer ?
 • Si des moyens de tests spécifiques (matériels et logiciels) ont été utilisés pour la réalisation industrielle du système, en aura-t-on encore besoin par la suite ?

• Comment pourra-t-on suivre l'évolution des techniques, et plus particulièrement celles des composants électroniques qui est très rapide, pour des systèmes qui peuvent durer plusieurs dizaines d'années ?

■ **La tâche 501 : essai et évaluation de l'aptitude au soutien**

La tâche 500 est un programme d'évaluation qui s'enrichit progressivement tout au long des cycles des SLI et qui sera particulièrement mis en œuvre avant la mise en service puis après la mise en service lorsqu'on pourra mesurer réellement l'efficacité du soutien. Elle permettra en outre de vérifier que le maître d'œuvre a bien atteint en ce domaine le niveau de performance prévu.

Un tel programme ne doit pas seulement servir à mesurer l'efficacité prévisionnelle ou constatée du soutien mais aussi apporter des méthodes d'analyse des déviations pour en trouver les causes et permettre de mettre en œuvre les corrections nécessaires.

10.4 Les outils du SLI

Les normes MIL STD exigent des concepteurs de nombreuses études de toutes natures reprenant la plupart des méthodes de la sûreté de fonctionnement et des études de conception logistique aussi bien dans les domaines du hardware que des logiciels devenus de plus en plus importants dans les systèmes complexes.

À défaut de décrire toutes ces normes et méthodes, on notera seulement en vrac :

– les techniques d'analyse fonctionnelle ;

– les AMDEC ;

– les méthodes de prévision de la fiabilité électronique ;

– les standards d'assurance-qualité (hardware et logiciels) ;

– les standards de réalisation informatique et d'interface ;

– les standards de documentation technique d'utilisation et de maintenance ;

– les standards de formation ;

– les méthodes de tests ;

– les méthodes d'analyse de la maintenabilité en avionique, électronique et plus généralement pour l'ensemble des équipements ;

– les méthodes de conception du système de soutien.

On notera qu'en pratique l'usage des normes du SLI proprement dit s'accompagne de celui de nombreuses autres normes soit militaires soit civiles :

– en FMDS, les normes militaires US MIL STD 470 (Maintenability Program Requirement), MIL STD 471 (Maintenability Demonstration), MIL Handbook 472 (Maintenability Prediction), MIL HDBK 217 (Reliability Prediction) ou le projet de norme CEI 600300-3-10 ;

– les normes aéronautiques US Air Forces Regulations (AFR 66-1-700-20), ATA 100 pour la documentation technique, AECMA 2000 et 2000M ;

– les normes de la Direction générale de l'Armement en France (dont on trouvera quelques références en bibliographie)…

10.5 Méthodes « civiles » de conception de produits et d'équipements

Les industries d'armement et les sociétés de service spécialisées dans la documentation technique, le conseil en fiabilité ou la logistique des systèmes d'armement ont tenté depuis déjà de nombreuses années d'étendre leurs compétences aux industries non militaires, ceci avec un succès limité en dehors des grands chantiers aéronautiques ou nucléaires, compte tenu des coûts importants générés par les normes. Une adaptation était indispensable et c'est ce qui a été compris après quelques années. On voit ainsi la SOLE aux États-Unis développer un standard civil de *Servicability*, terme traduit parfois par Supportabilité. La recherche actuelle du District français de la SOLE et de l'ISDF va dans le même sens. Mais ces méthodes rejoignent d'autres méthodes de conception de produits, d'origine civiles, elles, avec lesquelles elles devront trouver une synthèse dans les années à venir.

10.5.1 Méthode ICS (intégration de la conception et du soutien)

La méthode ICS (1996) part de ce constat qu'il y a un équilibre à trouver entre les performances techno-logistiques d'un équipement et son coût global de possession. L'objectif de la méthode est donc de prendre en compte le plus tôt possible dans la conception d'un équipement :

– son efficacité opérationnelle liée aux performances technico opérationnelles de la fourniture ;

– sa disponibilité effective liée à la fiabilité et à l'aptitude à la maintenance de la fourniture ainsi qu'à l'organisation de son soutien ;

– son coût global de possession sur la durée de vie calendaire escomptée de la fourniture, lequel comprend essentiellement les coûts respectifs d'acquisition, d'exploitation et de maintenance de la fourniture.

Ces trois éléments doivent être déterminés après étude de SDF et d'ASL, à partir de simulations pour chaque solution potentielle envisagée dès la conception même de l'équipement. La méthodologie ICS doit permettre de connaître :

– les divers paramètres entrant dans la définition des trois facteurs pris en compte ainsi que les méthodes de calcul associées ;

– le processus de réalisation de simulations ainsi que les moyens matériels et humains nécessaires à cet effet ;

– les critères de sélection de la solution préférentielle définitivement retenue.

10.5.2 Méthodes orientées produits[1]

La méthode précédente n'est pas sans lien avec un certain nombre de méthodes américaines et japonaises centrées sur les produits.

1. Voir sur ces méthodes la thèse de Jean-Paul Manata (1996), à qui nous avons emprunté cette description et qui présente une excellente analyse de ces différentes méthodes en outre de ses propres travaux sur le sujets.

La méthode QFD (*Quality Function Deployment*) est une méthode japonaise créée en 1966 par Yoji Akao. Le but de cette méthode est de traduire les besoins du consommateur, ce que Akao appelle pittoresquement « la voix du consommateur » tout au long de la conception et de la réalisation d'un produit commercial. Ce cycle de vie est classiquement décomposé en étapes. Une méthode graphique de représentation des liens entre les besoins (Quoi ?), les caractéristiques techniques (Comment ?) et les coûts (Combien ?) accompagne la procédure au cours de ses différentes étapes contribuant à la construction progressive de « la maison de la qualité » (graphique en forme de maison).

La méthode est cependant peu concernée par la logistique, même si elle met déjà en oeuvre des concepts que l'on retrouvera avec l'ingénierie concourante.

Le DFM (*Design For Manufacturing*) tire son origine d'un outil informatique DFA (*Design For Assembly*) pour la simulation des assemblages en conception. Le logiciel fut élargi progressivement pour devenir DFMA (*Design For Manufacturing and Assembly*) jusqu'à devenir une méthode générale de conception en 7 étapes, complétées ensuite en amont et en aval par des étapes d'expression des besoins et de définition d'un projet en amont et 4 étapes d'industrialisation et de mise en production en aval, devenant alors le MCI (méthodologie de conception intégrée). Un guide de conception et une base de données techniques à la manière de celle de la norme MIL STD 1388-2 formalisent la méthode qui ne laisse cependant là encore qu'une faible place à la conception du soutien et à l'évaluation prévisionnelle de la performance économique.

Quelques entreprises ont mis en œuvre une méthode intitulée DFSCM (*Design For Supply Chain Management*), méthode qui a pour but de faciliter la prise en charge du produit dans la *supply chain*.

10.6 Détermination du coût de cycle de vie total

Le coût de cycle de vie total, dit encore coût global de possession, est comme on l'a vu la raison première et l'outil de mesure de l'efficacité du SLI. Il concerne le coût du système principal et le coût du système de soutien pour la durée de vie déterminée comme un des objectifs majeurs du système principal.

Coût global = Coût d'acquisition + Coût d'utilisation + Coût de maintenance + Coût de mise hors service

On peut montrer sur un exemple comment se décompose le coût global de possession d'un équipement[1] (tableau 10.1).

Un tel tableau est très parlant. C'est un argument commercial fort vis-à-vis d'un éventuel acquéreur d'un bien durable. Il peut cependant prêter à bien des confusions et l'on pourrait dire a priori qu'un tel tableau seul n'a aucune signification.

On peut en effet démontrer, comme l'a fait le professeur C. Riveline (1987), qu'un coût en tant que tel n'a pas de signification absolue dans l'espace et dans le temps.

1. D'après un exemple de M. H. Solivères de Thomson CSF (Thalès) lors d'un exposé à la 4[e] conférence internationale ILCE d'octobre 1996.

Tableau 10.1 – Composition d'un coût global de possession d'un équipement

		k€	%	k€	%
	Études matériel	4 000	6,9		
	Études logiciel	860	1,5		
	Études SLI	980	1,7		
	Management	1 130	2		
	Industrialisation	1 220	2,1		
	Proto/ pré-série	860	1,5		
	Production série	48 800	85		
Coût d'acquisition			**100**	**57 850**	**71**
	Maintenance système	12 000	62		
	Maintenance système de soutien	150	0,8		
	Maintenance logiciel	2 000	11		
	Consommation de rechanges	110	0,6		
	Consommation de fonctionnement	0			
	Coûts d'utilisation	0			
	Garantie de service	4 690	25		
Coût d'exploitation			**100**	**18 950**	**23**
Coût de mise au rebut				**5 000**	**6**
TOTAL				**81 800**	**100**

Dans l'espace, il est fréquent qu'un coût à un certain niveau de l'entreprise s'avère différent d'un coût à un autre niveau de l'entreprise. C'est la source de bien des sous-optimisations classiques. Ces coûts dépendent d'ailleurs de conventions comptables : on cite le cas classique des charges de structures imposées par une direction générale à ses services opérationnels et qui les mettent en déficit de telle sorte que seuls les services de direction générale font des bénéfices et que l'on ne peut que préconiser la suppression des services opérationnels. On rencontre le même problème d'ailleurs selon que l'on se place au niveau de l'entreprise ou au niveau du pays où l'entreprise exerce son action. Les coûts sociaux pour ce pays varient avec le nombre de salariés employés, l'origine et l'emplacement des sous-traitants ; les coûts pour l'environnement peuvent être pris en charge à différents niveaux, etc.

Dans le temps, les coûts envisagés dans un tel tableau sont très hétérogènes : certaines charges seront à payer sous forme d'acompte dans un délai très

proche de la décision d'acquisition, d'autres au contraire de maintenance ou de mise au rebut ne se réaliseront que dans plusieurs années à la fin de la vie du système. Or il est bien évident qu'une dépense immédiate coûte plus qu'une dépense à terme ne serait-ce que parce que le montant nécessaire pour la dépense à terme pourrait être placé sur le marché financier en attendant son emploi. Le calcul économique résout ce problème par l'actualisation : sont considérées comme équivalentes une somme S_0 disponible aujourd'hui ou à une date de référence et une somme S_n disponible dans n années à partir de 0 si :

$$S_0 = \frac{S_n}{(1+i)^n}$$

Seulement les choses ne sont jamais si simples :

– le taux d'actualisation serait le taux d'intérêt unique d'un marché parfait des prêts et des emprunts auquel l'entreprise aurait un libre accès à ce taux, ce qui est irréaliste ;

– il faudrait que ce taux ne change pas tout au long de la vie du projet ou alors qu'on puisse le prévoir...

L'évolution des taux de change est une autre variable difficile à prendre en compte mais capitale car ces variations peuvent être largement supérieures aux taux de profit espérés. Il en est de même des aspects fiscaux... En fait c'est la vie financière de l'entreprise toute entière qu'il faudrait modéliser.

L'évaluation a priori d'un coût global de possession est un acte de prévision ; or la durée de vie du projet est loin d'être évidente et l'on a vu que plus l'horizon de prévision était éloigné plus la prévision devenait aléatoire de telle sorte que l'on compare des données qui de ce point de vue sont très hétérogènes. On devrait donc en bonne logique considérer chacun des coûts comme une variable aléatoire, mais le nombre des hypothèses mènerait vite à une situation insoluble. Il est fréquent qu'un projet dure plus ou moins longtemps qu'il n'était prévu à l'origine. Les exemples du Concorde ou des centrales nucléaires françaises sont bien connus. On pourrait objecter que les études de prolongation sont elles aussi des études de coût global de possession, mais il est bien évident qu'elles font alors l'impasse sur les charges déjà supportées et que le coût global de possession du système tout au long de sa vie n'est plus nécessairement optimisé.

Si une étude prévisionnelle est nécessairement teintée d'incertitude, encore faut-il s'assurer de quel niveau de risque a pris en compte l'auteur de l'étude. C'est normalement la tâche des « cindyniciens »[1] d'évaluer les risques techniques, informatiques, naturels, financiers, sociaux et humains d'un projet. Je ne suis cependant pas certain que le cadre de sûreté de la plupart des démarches de comparaison des coûts globaux soit parfaitement défini malgré son incidence sur les décisions à prendre.

On peut donc retenir la notion de coût proposée par le professeur Riveline et qui a l'avantage de résoudre quelques difficultés conceptuelles : « Le coût d'une décision ou d'un événement est, pour un observateur déterminé, l'échéancier

1. De *kindunos,* danger en grec. L'Institut européen des cindyniques (IEC) a été créé en 1990 par Claude Frantzen, inspecteur général pour la sûreté nucléaire à Électricité de France (EDF).

C

LOGISTIQUE DE SOUTIEN

des différences entre toutes les dépenses effectives prises en compte par cet observateur si la décision est appliquée ou l'événement réalisé, et les dépenses effectives prises en compte par le même observateur dans un scénario de référence à préciser. Les aspects financiers de la décision ou de l'événement doivent faire l'objet d'échéanciers distincts » (Riveline, 1987).

On s'attachera donc moins à la détermination d'un coût global de possession qu'à l'analyse de deux échéanciers de charges entre deux systèmes concurrents ou un système et l'extrapolation de la situation actuelle à une situation future de même durée. On évite ainsi de délicats problèmes d'actualisation. Le point de vue d'un observateur unique permet d'évaluer les différences d'un même point de vue. Il arrive cependant assez souvent que les deux hypothèses n'aient pas la même durée de vie et que l'on ne sache pas actuellement par quoi serait remplacé pendant cette durée résiduelle le système de l'alternative. Ils peuvent également, et c'est fréquent, ne pas couvrir le même espace, par exemple de production.

Il reste quand même bien des ambiguïtés dans de telles comparaisons. Les politiques d'exploitation et de maintenance sont toujours des compromis qui doivent être définis avec soin dans l'une et l'autre hypothèse. On peut privilégier la maintenance et la durée ou la réduire en tablant sur le court terme. Chacun sait que la vitesse d'un équipement n'est pas sans conséquence sur sa durée de vie et les coûts de maintenance induits. Le taux de rendement synthétique d'un équipement reste encore bien difficile à déterminer a priori malgré les études de J.-P. Manata. Le taux de service d'un stock de pièces de rechange influe sur la productivité. Pour chaque équipement, on peut se poser la question de l'échange standard ou de la réparation et c'est le rôle des analyses LORA (*Level Of Repair Analysis*) que d'aider à répondre à de telles questions qui peuvent être prématurées, mais non sans incidences au niveau d'avancement du projet pour lequel on veut établir une comparaison de coûts de possession.

Enfin bien des éléments non quantifiables interviennent dans les décisions de comparaison de différents systèmes tant dans les administrations que dans les entreprises : stratégie à long terme de l'entreprise, compromis entre les souhaits des financiers, des commerciaux et des producteurs, compromis entre le long terme et le court terme. La théorie des jeux a montré depuis longtemps que, dans certaines hypothèses, le tempérament même du manager vis-à-vis du risque était le seul critère de décision possible.

Car cependant il faut parier... et la comparaison des coûts globaux de possession, à condition de le déterminer avec les précautions nécessaires ci-dessus et d'en expliciter au mieux toutes les hypothèses, est encore la moins mauvaise façon de préparer une décision d'investissement.

Bibliographie

■ Logistique militaire

EDWARDS J.E., *Combat Service Support Guide*, Stacpole Books, Mechanicsburg, 2000.

FRICKER R.D., ROBBINS M.L., *Retooling for the Logistics Revolution : Designing Marine Corps Inventories to Support the Warfighter*, Rand, Santa Monica, 2003.

KRESS M., *Operational Logistics : The Art and Science of Sustaining Military Operations*, 2002.

Soutien logistique intégré

BERTHÉLÉMY F., CHEVALIER P., LIZANO V., PONS J., *Le soutien logistique intégré*, ADIT (Agence pour la diffusion de l'information technologique), Strasbourg, 1996.

BLANCHARD B.S., *Logistic Engineering and Management*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 4e édition, 1992

GREEN L.L., *Logistics engineering*, John Wiley, New York, 1991.

GUILLOSSON P., *La logistique de soutien et son environnement*, Nathan, Paris, 1996.

PRÉVOST M., WAROQUIER C., *L'analyse de soutien logistique et son enregistrement*, Lavoisier-Tec & Doc, Paris, 1994.

SMITH J., *Stratégie CALS*, Paris, 1990.

Méthodes civiles et coût de cycle de vie total

ANÉMONE A., *Manuel de conception orienté TPM*, Journées d'actualisation, ESSTIN, Nancy, juin 1993.

MANATA J.-P., Thèse de l'Université de Nancy I, 1996.

Méthode ICS, Bulletin SOLETTRE 22, District français de la SOLE, Rungis, 1996.

PASCOLINI S., *Maintenance à la conception : ses outils et leur intégration,* Journées d'actualisation, ESSTIN, Nancy, juin 1995.

RIVELINE C., *Évaluation des coûts : éléments d'une théorie de la gestion*, Cours de l'École nationale supérieure des mines de Paris, 1987.

Documents de la Direction générale de l'Armement (DGA)

Guide MCO-SLI des équipes de programme.

Guide SLI au profit de l'officier de maintenance, 11 mai 1998.

Instruction ministérielle 1514 sur le déroulement des programmes d'armement.

Instruction 800 sur la conduite des programmes d'armement.

L'action de l'officier de maintenance (version VI), mars 1999.

Normes Afnor

Afnor, Norme X 50-400, Management des systèmes – Référentiel cadre – Lignes directrices pour l'utilisation des méthodologies du management de projet.

Afnor, Norme X 50-415, Management des systèmes – Ingénierie intégrée – Concepts généraux et introduction aux méthodes d'application.

Afnor, Norme X 50-420, Management des systèmes – Soutien Logistique Intégré – Concepts généraux.

Afnor, Norme X 50-430, Management des systèmes – Gestion de la configuration – Concepts généraux et introduction aux méthodes d'application.

Afnor, Norme X 50-435, Management des systèmes – Gestion documentaire – Concepts généraux.

11 • ORGANISATION ET PLANIFICATION DE LA MAINTENANCE

11.1 La maintenance

La maintenance industrielle ou générale est devenue depuis une dizaine d'années une discipline à part entière avec ses concepts, ses méthodes, ses enseignements et, consécration moderne, ses progiciels informatiques. En un chapitre, il ne peut être question d'épuiser un tel sujet qui n'appartient d'ailleurs pas en tant que tel au domaine logistique. On surprendrait la plupart des ingénieurs ou techniciens de maintenance par un tel rattachement sauf en ce qui concerne les activités de service après vente. En effet, si la planification des activités de maintenance d'un système complexe appartient d'évidence à la logistique à travers le SLI, les activités de maintenance proprement dites sont des activités techniques au même titre que la production ou l'ingénierie. On n'abordera donc ici, et encore sommairement, que les principes et méthodes utiles à la planification de la maintenance lors de la conception d'un système.

En ce qui concerne les définitions, deux normes françaises Afnor 60-010 et 60-011 définissent, avec plus ou moins de bonheur, certains termes de base de la maintenance.

11.1.1 Différents types de maintenance

La norme Afnor X 60-015 distingue différents types de maintenance selon le schéma de la figure 11.1.

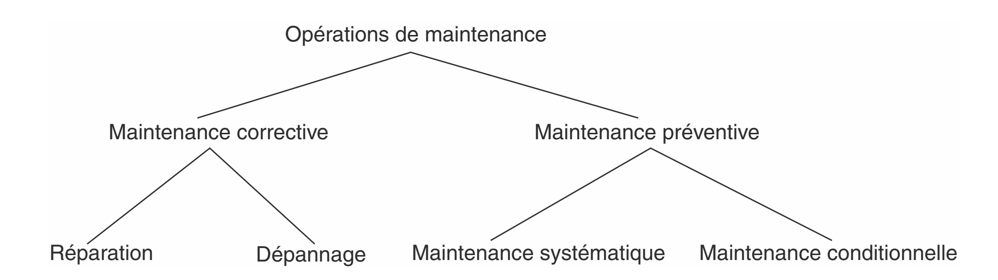


Figure 11.1 – Les différents types de maintenance.

La « maintenance » est définie comme « l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé ».

La « maintenance corrective » est la maintenance effectuée après défaillance. Cette appellation n'est pas très heureuse car l'usage anglo-saxon est d'appeler *corrective maintenance* une maintenance apportant des améliorations augmentant par exemple la fiabilité ou la maintenabilité d'un bien. Dans l'industrie, on parle le plus souvent de maintenance « curative » pour désigner ces interventions après panne.

La « maintenance préventive » est la maintenance effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou d'un service rendu.

La « maintenance préventive systématique » est « une maintenance effectuée selon un échéancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage. » On distingue le plus souvent dans l'industrie la « maintenance programmée », que l'on peut prévoir à l'avance et constituée de maintenances préventives, révisions, remises à niveau ou réparations différées, et la maintenance non programmée qui correspond à la suppression des dysfonctionnements (pannes, défauts de qualité, insuffisance de rendement, etc.).

La « maintenance préventive conditionnelle » est « une maintenance subordonnée à un type d'événement prédéterminé (mesure, diagnostic). »

La « réparation » est « une intervention définitive et limitée de maintenance corrective après défaillance. »

Le « dépannage » est « une action sur un bien en vue de le remettre provisoirement en état de fonctionnement avant réparation. » En pratique, on parle de « dépannage » sans effectuer le plus souvent cette distinction entre « réparation » et « dépannage ».

Dans l'aéronautique, on distingue assez souvent les « inspections », procédures effectuées sans dépose, et les « contrôles » effectués avec démontage ou utilisation d'outillage spécialisé et qui sont, les uns et les autres, à l'origine des actions de maintenance conditionnelle (*on condition*). Ces inspections et contrôles, bien que non prévues dans la norme, tendent à se répandre dans l'industrie avec la TPM et le développement des méthodes de maintenance conditionnelle.

Les inspections ou contrôles et les opérations de maintenance conditionnelle peuvent être provoquées par des signaux où le résultat de programmes gérant les signaux émis par des capteurs de toute nature qui peuvent être *on line* ou *off line*.

11.1.2 Différents niveaux de maintenance

Sous l'influence des armées et des normes MIL STD du DoD (C.10.3), on a pris l'habitude de distinguer des niveaux successifs où peuvent être effectuées les opérations de maintenance ; chacun de ces niveaux doit correspondre à un élément de l'organisation disposant de personnel ayant les qualifications nécessaires, du matériel de test et de réparation, des pièces de rechanges utiles, de la documentation, etc.

La MIL STD 1390 prévoyait trois niveaux de maintenance :

– niveau des utilisateurs : *organizational maintenance*,

– niveau intermédiaire : *intermediate maintenance*,

– niveau supérieur : *depot maintenance*.

Elle laissait cependant le champ à toutes les adaptations nécessaires de telle sorte que l'US Air Force n'a que deux niveaux, l'US Army 4 et la Navy 3 à 5. On trouvera en France 5 niveaux avec la norme Afnor 60-015.

Chacun de ces niveaux est plus ou moins proche du bien à maintenir depuis le premier niveau des opérateurs conduisant l'équipement jusqu'à l'usine de fabrication de l'équipement où pourront être effectuées les réparations les plus complexes. Bien entendu les temps nécessaires à chacune de ces tâches sont augmentés des temps de transport, aller et retour, de l'équipement, de ses sous-ensembles ou de ses pièces depuis le site opérationnel jusqu'au site du niveau concerné. Fixer les niveaux de maintenance est donc dans un SLI la tâche primordiale de structuration de la maintenance en fonction des besoins opérationnels ; elle est double mais ces deux aspects sont étroitement liés et ne peuvent se construire que par des interactions successives :

– déterminer des niveaux avec des moyens en personnel, matériel, pièces de rechange, etc.,

– affecter chaque tâche à un niveau en fonction de sa périodicité, de la qualification et des moyens nécessaires, etc.

Il va de soi que, face à une multitude de solutions, la variable à optimiser peut être soit l'efficacité opérationnelle, soit le coût de maintenance du système, soit une combinaison des deux avec le plus souvent une contrainte très forte qui est l'insertion dans les structures de maintenance déjà existantes de l'organisation.

Dans l'industrie, cette notion de niveaux n'a eu longtemps qu'une importance assez faible au moins pour les premiers niveaux ; le service de maintenance avait le monopole des interventions et ne faisait effectuer à l'extérieur de l'usine que les tâches pour lesquelles il ne disposait pas des compétences ou du matériel requis (rembobinage par exemple). La distinction entre les pièces réparables et les pièces non réparables était normalement strictement économique, bien que souvent biaisée par des disponibilités en temps et en moyens des ateliers. Depuis quelques années, cette notion de niveau a trouvé toute son importance en distinguant :

– sous l'influence de la TPM, les tâches de maintenance confiées aux opérateurs selon le temps disponible et les qualifications nécessaires ;

– les tâches confiées à des agents de production ayant une qualification particulière et/ou les habilitations nécessaires (régleurs par exemple ou plus récemment opérateurs ayant une formation particulière en maintenance ou en automatisme ou une habilitation électrique, etc.) ;

– les tâches sous-traitées à des entreprises de maintenance afin de réduire les effectifs du service de maintenance et de concentrer ses activités sur le cœur de métier de l'entreprise ;

– les tâches effectuées par les services de maintenance proches de la production ;

– les tâches confiées à des ateliers internes lorsqu'il en existe encore ou à des spécialistes (automaticiens ou soudeurs par exemple) ;

– les tâches à effectuer à l'extérieur de l'entreprise.

La norme Afnor tente de définir les différents niveaux par l'organisation et la nature des tâches avec un compromis entre les deux qui n'est pas très satisfaisant :

1er niveau : réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage d'équipement ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité. Ce niveau se caractérise par une documentation de maintenance, une formation, des moyens de test et un stock ;

2e niveau : dépannages par échange standard d'éléments prévus à cet effet, ou d'opérations mineures de maintenance préventive (rondes). Ce niveau se caractérise par une documentation de maintenance, une formation, des moyens de test et un stock bien qu'on y trouve aussi les éléments correspondants du 1er niveau ;

3e niveau : identification et diagnostic des pannes, réparation par échange de composants fonctionnels, réparations mécaniques mineures ;

4e niveau : travaux importants de maintenance corrective ou préventive. Ces travaux peuvent être menés dans les ateliers de l'industriel qui a réalisé le système ou dans les ateliers de ses fournisseurs ;

5e niveau : travaux de rénovation, de reconstruction, ou réparations importantes confiées à un atelier central.

La maintenance s'articule en 3 Niveaux Techniques d'Intervention (NTI) :

– La maintenance en ligne (NTI1), exécutée par les unités opérationnelles sur leurs aéronefs en utilisation, avec des délais d'exécution soumis à une exigence de disponibilité à très court terme de l'aéronef. Cette maintenance doit pouvoir s'effectuer sur les théâtres d'opération ;

– La maintenance hors ligne (NTI2), exécutée par les échelons de soutien technique des Utilisateurs et qui s'effectue dans des ateliers de maintenance de plus en plus centralisés pour bénéficier d'économies d'échelle ;

– La maintenance industrielle (NTI3) qui mobilise l'industriel.

On peut également trouver un support *hot line* du côté de l'industriel qui a conçu le système ou à l'intérieur de l'entreprise exploitante pour répondre en permanence aux demandes des 1er et 2e niveaux. Cette activité de *hot line* peut s'accompagner de l'émission de bulletins techniques avec, par exemple, des prescriptions de mises à niveau comme dans l'aéronautique.

11.1.3 Analyses FMDS

Les analyses FMDS (fiabilité, maintenabilité, disponibilité, sûreté de fonctionnement) constituent un élément clef du SLI Il n'est pas possible de les décrire dans le cadre d'un ouvrage qui balaye l'ensemble de la logistique. Tout au plus est-il possible de les définir et d'en décrire quelques éléments méthodologiques.

■ Fiabilité

Une étude de fiabilité a pour objectif de déterminer la probabilité pour que le produit (ou le système ou un de ses éléments) remplisse sa fonction sans défaillance pendant un temps donné, dans des conditions d'emploi et d'environnement donnés. Une telle étude est utile pour orienter les choix de concep-

tion et fournit les informations nécessaires aux études de sécurité et de maintenabilité. La fiabilité s'exprime à travers :

– le MTBF (*Mean Time Between Failure* élégamment traduit par moyenne des temps de bon fonctionnement). C'est l'espérance mathématique de la variable aléatoire T, date d'apparition d'une panne. Le taux de défaillance ou λ est l'inverse du MTBF :

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}$$

– le MTBCF *(Mean Time Between Critical Failure)*, relatif aux pannes « critiques », utilisé surtout dans le domaine militaire (MIL HDBK 217 F) ;

– la durée de vie.

La fiabilité donne lieu à une précision progressive depuis la « fiabilité estimée » pour l'orientation des choix de conception, jusqu'à la « fiabilité prévisionnelle » déterminée à partir d'une décomposition logique de l'équipement et de bases de données de fiabilité, puis la « fiabilité mesurée » (parfois appelée « fiabilité opérationnelle ») obtenue à partir de l'analyse des faits techniques. On utilise des « blocs diagrammes de fiabilité » pour l'analyse des relations entre composants, des bases de données de fiabilité (BCF par exemple), des essais, etc.

■ Maintenabilité

Une étude de maintenabilité[1] a pour objectifs :

– d'évaluer l'aptitude du produit, (ou du système ou d'un de ses éléments) pour qu'il puisse être entretenu et réparé dans une période de temps définie,

– de déterminer les procédures et moyens de la maintenance (tâches, niveaux de maintenance, moyens associés).

Les différentes tâches d'une étude de maintenabilité sont définies par l'ex MIL STD 470B et le MIL HDBK 472.

L'expression synthétique quantitative de la maintenabilité est le MTTR *(Mean Time To Repair* traduit par moyenne des temps techniques de réparation !). Le taux de réparation ou μ est l'inverse du MTTR :

$$\mu = \frac{1}{MTTR}$$

Bien entendu le calcul d'un MTTR suppose qu'on ait analysé pour chaque défaillance possible, dont on connaît la probabilité, les opérations de maintenance corrective nécessaires ainsi que les opérations de maintenance préventive prévues, les tâches affectées à chaque niveau de maintenance, les moyens à mettre en œuvre et les arbres de maintenance.

Les MTTR sont déterminés de façon estimée, puis prévisionnelle, puis opérationnelle ou mesurée.

■ Disponibilité

La disponibilité intrinsèque d'un système est :

1. Définition de la norme Afnor X 60-010 : « Dans des conditions données d'utilisation, aptitude d'un dispositif à Ítre maintenu, ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir sa fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits. »

$$A_1 = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

avec *A* pour *Availability* (disponibilité)

La disponibilité opérationnelle d'un système est :

$$A_0 = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + PM + ALDT}$$

avec *A* pour *Availability*, PM pour *Preventive Maintenance* et ALDT pour les temps administratifs et logistiques. On ajoute parfois au numérateur des temps de RT (*Ready Time*), correspondant à la moyenne des temps pendant lesquels le système est prêt à fonctionner mais reste en attente.

■ Sûreté de fonctionnement (SDF)

Les études de sûreté de fonctionnement sont le regroupement et la synthèse des études de fiabilité, maintenabilité, disponibilité et sécurité. Elles fournissent aux études précédentes un encadrement méthodologique. À partir de l'analyse fonctionnelle du système puis de l'étude de la fiabilité estimée, on procède à l'analyse des risques et aux études d'AMDE (analyse des modes de défaillance et de leurs effets), souvent suivie d'une étude de la criticité ce qui en fait un AMDEC.

On distingue classiquement les « AMDEC produits », les « AMDEC moyens de production » encore appelés parfois « AMDEC machine » et les « AMDEC processus ». Dans un AMDEC machine, on évalue les défaillances possibles d'un équipement à partir d'une analyse fonctionnelle en s'efforçant d'en déterminer les causes et les effets. La « criticité », sorte d'espérance mathématique des défaillances possibles, est le plus souvent le produit de deux indicateurs : l'un de fréquence qui exprime la probabilité de la défaillance par un degré de fréquence mesuré ou estimé et l'autre de gravité qui exprime les conséquences de cette défaillance en termes d'indisponibilité, de pertes de performance, de non-conformité de produits, de coûts directs de maintenance corrective, d'accidents, de dommages corporels, etc.

La probabilité de la défaillance doit être corrigée par une probabilité de non-détection. En effet, il peut être remédié à une défaillance en cours de réalisation par une intervention de l'opérateur à condition qu'il détecte cette défaillance avant qu'elle ne produise ses effets. La probabilité d'occurrence de la défaillance peut donc être remplacée par le produit de la probabilité d'occurrence proprement dite, multipliée par la probabilité conditionnelle de non-détection de cette défaillance. Le calcul classique de l'indicateur de criticité résulte alors du produit de l'indicateur de fréquence par le produit de l'indicateur de non-détection et de celui de gravité.

Le tableau 11.1 donne un exemple de grille de cotation de ces indicateurs (Riout, 1996).

La criticité de chaque élément d'une machine peut alors être comparée à un seuil (20 dans l'exemple ci-dessus) à partir duquel on s'efforcera de pallier une éventuelle défaillance.

Tableau 11.1 – Calcul de l'indicateur de criticité

F	FRÉQUENCE
1	Très faible taux d'apparition. Moins de 1 défaillance par an.
2	Faible taux d'apparition. Moins de 1 défaillance par trimestre
3	Taux d'apparition modéré. Moins de 1 défaillance par semaine.
4	Taux d'apparition élevé. Plusieurs défaillances par semaine.

N	PROBABILITÉ DE NON-DETECTION
1	Détection à coup sûr. Signe avant-coureur évident.
2	Signe avant-coureur facilement décelable mais nécessitant une action particulière de l'opérateur.
3	Signe avant-coureur difficilement décelable ou nécessitant des moyens complexes.
4	Détection impossible. Aucun signe avant-coureur.

G	GRAVITÉ
1	Arrêt de la production inférieur à 2 minutes. Aucune dégradation notable du matériel.
2	Arrêt de la production de 2 à 20 minutes. Remise en état de courte durée. Déclassement de produit.
3	Arrêt de la production de 20 à 60 minutes. Changement du matériel défectueux nécessaire. Retouche du produit nécessaire ou rebut (non-qualité détectée à la production).
4	Arrêt de production de 1 à 2 heures. Intervention importante sur sous-ensemble. Production de pièces non-conformes non détectées.
5	Arrêt de la production supérieur à 2 heures. Intervention lourde nécessitant des moyens coûteux. Problème de sécurité du personnel (production, maintenance) ou d'environnement.

$$C = F \times N \times G$$
$$C \leq 80$$

11.2 Organisation de la maintenance : les méthodes RCM et MBF

La méthode MBF découle d'une autre méthode appelée RCM *(Reliability Centered Maintenance)* développée d'abord aux États-Unis dans les années 1960 pour déterminer les programmes de maintenance des avions. Son usage s'est étendu progressivement, particulièrement dans le nucléaire, et une version adaptée appelée MBF a été développée ces dernières années en Europe particulièrement par l'ADEPA (Association pour le développement de la productique et de l'automatisation), et l'Université de Nancy 1 (ESSTIN), à travers un programme européen pour promouvoir de nouvelles méthodes de maintenance dans l'industrie et particulièrement les PMI. (Richet et *al.*, 1996).

Lors de la conception d'un équipement, le spécialiste de la maintenance a le choix entre plusieurs politiques vis-à-vis de chaque équipement ou sous-ensemble d'équipement :

– éviter les défaillances par des inspections périodiques ou des tests qui peuvent être automatiques (maintenance préventive conditionnelle) ;

– effectuer des réglages et des changements de pièces périodiques (maintenance préventive systématique) ;

– effectuer des changements de pièces en fonction de leur durée de vie ;

– attendre la panne pour réparer (maintenance corrective).

Les méthodes MBF et RCM visent à faciliter ces choix à travers une démarche systématique en tenant compte de l'importance des conséquences de défaillances éventuelles, des possibilités techniques des divers types de maintenance et de leurs coûts.

L'une et l'autre sont, comme la méthode AMDEC, des méthodes participatives par petits groupes qui font appel aux techniciens de maintenance aussi bien qu'aux opérateurs de production. La méthode RCM, utilisée pour des systèmes particulièrement sensibles, reprendra le plus souvent les résultats des nombreux AMDEC pratiqués selon le schéma de la figure 11.2 (de Tocqueville, 1996).

La méthode MBF ne bénéficie pas le plus souvent d'études préalables AMDEC et doit donc les remplacer par des analyses plus simples, mais elle implique elle aussi une évolution permanente en fonction des résultats constatés tout au long de la vie du système en commençant par les équipements, ensembles ou sous-ensembles qui posent le plus de problèmes – ou les problèmes les plus graves.

Cette méthode, dont l'objectif est d'aboutir à l'élaboration d'un plan de maintenance peut être considérée comme une méthode d'abord descendante puis ascendante. Dans une première phase en effet on analyse les équipements et l'on détermine la criticité de chacun d'entre eux à l'aide d'une matrice du type du tableau 11.2 (page suivante).

Contrairement à l'AMDEC, l'objectif n'est plus d'évaluer la criticité de chaque équipement mais de classer les équipements dans l'ordre d'une criticité décroissante. On peut fixer un seuil de criticité pour ne retenir que les défaillances dont la criticité est la plus importante.

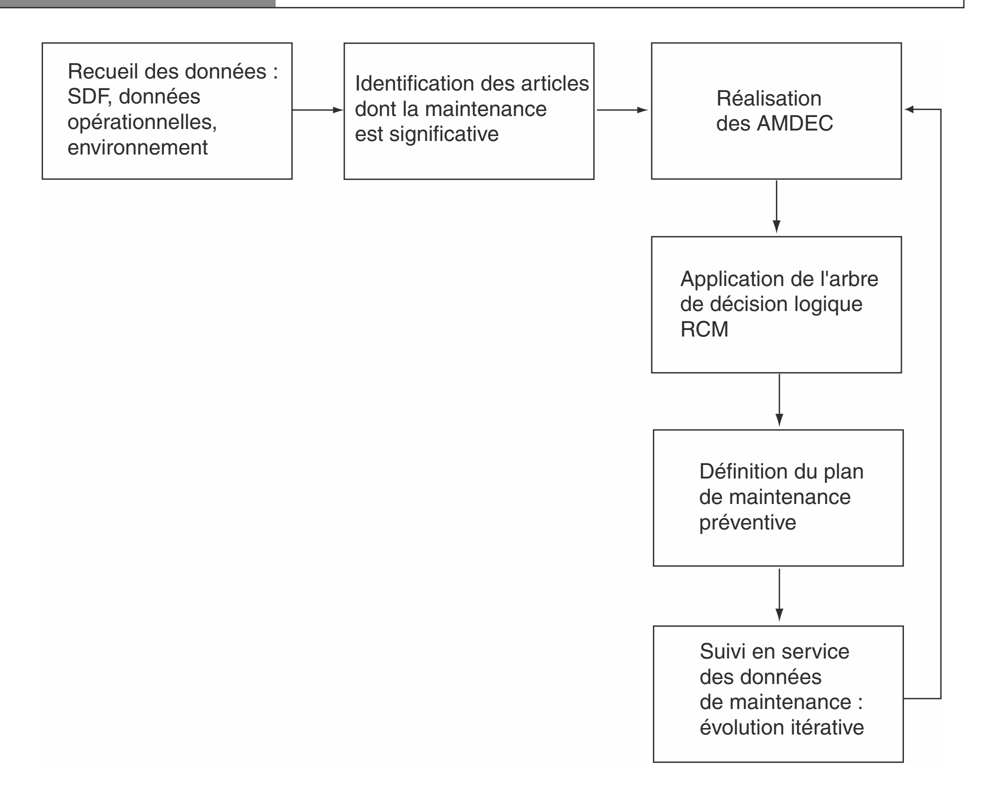


Figure 11.2 – Enchaînement des tâches RCM.

Dans une seconde étape, on analyse les équipements dans l'ordre des criticités décroissantes. On détermine pour chacun d'entre eux les défaillances possibles et pour chaque défaillance sa criticité avec une matrice analogue à

Tableau 11.2 – Analyse de la criticité d'un équipement

SI PROBLÈME DE SÉCURITÉ ou d'ENVIRONNEMENT *C* = 0,		**Influence sur la production**			
		Négligeable		… Importante	
SINON, *C* =		1	2	3	4
Influence qualité Négligeable	1	1	2	3	4
	2	2	4	6	8
	3	3	6	9	12
… Importante	4	4	8	12	16

la précédente. On peut, là encore, se fixer un seuil de criticité pour ne retenir que les défaillances dont la criticité est la plus importante. Pour chaque défaillance retenue, on cherche à y remédier par des actions de maintenance préventive ou de maintenance améliorative.

On voit assez bien comment des agents de production et de maintenance, assistés de techniciens peuvent participer à un tel groupe de travail. La difficulté reste le classement sans disposer de critères à cet effet et dans la pondération relative des indicateurs de non-production et de non-qualité. On peut d'ailleurs se demander pourquoi l'on multiplie ces deux valeurs l'une par l'autre au lieu de les additionner[1]. Il est évident cependant que dans le classement, tant pour la production que pour la qualité, il faut tenir compte de la fréquence et de la gravité des incidents même si on ne les quantifie pas.

La méthode MBF fait également appel à un ordinogramme de principe pour déterminer la nature du remède à apporter à une cause de défaillance.

11.3 Organisation et gestion de la maintenance

Prévoir l'organisation et la gestion de la maintenance, est une des tâches importantes du SLI avec le double objectif d'en évaluer prévisionnellement les coûts tout au long de la vie de l'équipement et d'en faciliter la mise en service.

11.3.1 Des organisations traditionnelles aux nouvelles organisations

■ Organisations traditionnelles

□ Organisations industrielles

Les usines traditionnelles avaient une organisation de la maintenance très variable selon leur importance :

– les très petites entreprises n'ont pas toujours un service de maintenance et les opérateurs assurent eux-mêmes l'entretien de leur machine quitte à faire appel à des entreprises extérieures (SAV fournisseurs assez souvent) pour les problèmes plus sérieux ;

– les très grandes entreprises avaient souvent autrefois une direction technique parallèle à la direction de la production ;

– dans les usines moyennes, assez souvent manufacturières, la maintenance est généralement rattachée à la production.

Dans l'exemple de la figure 11.3, au sein de la direction technique d'une grande entreprise, un service des études-travaux neufs et un service de la maintenance cohabitent ; le service de Maintenance, proprement dit, est divisé en deux grandes sections : Mécanique et Électricité, elles-mêmes découpées en équipes correspondant aux grands secteurs de production ; des services Méthodes, Atelier central, Gestion des utilités, Entretien général (bâtiment,

1. Le fait de multiplier les coefficients au lieu de les additionner n'a comme conséquence avec les valeurs retenues que de faire passer avant les valeurs centrales (2-2 avant 3-1, 3-2 ou 2-3 avant 4-1 ou 1-4, etc.).

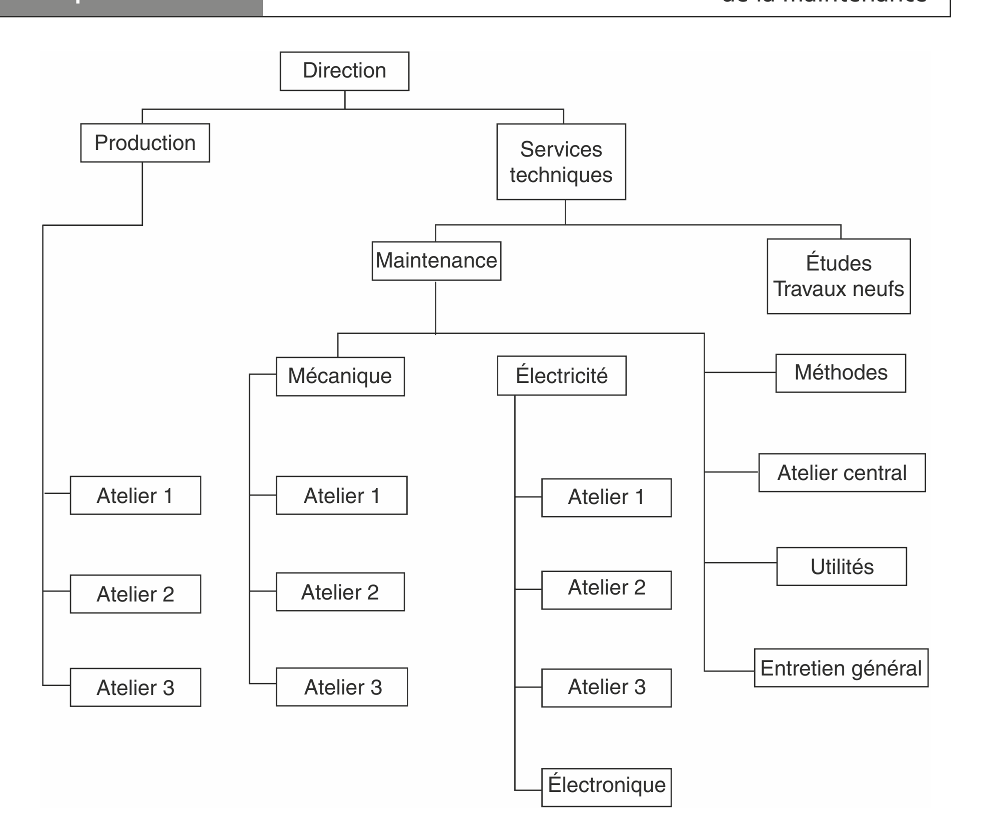


Figure 11.3 – Exemple d'organisation de la maintenance dans une grande entreprise industrielle (sidérurgie, process, etc.).

peinture, etc.) complètent le service. Bien entendu, il ne s'agit que d'un exemple et les réalisations peuvent être très différentes selon les entreprises.

Ces organisations traditionnelles sont en train d'évoluer très rapidement :

– la séparation traditionnelle entre électriciens et mécaniciens tend à s'estomper et beaucoup d'entreprises, à travers des formations complémentaires et des recrutements, cherchent à disposer de personnel de maintenance polyvalent compétent à la fois en mécanique, électricité, électronique de base, pneumatique et hydraulique ;

– avec la TPM, comme on va le voir, une partie des tâches de maintenance préventive et de nettoyage est transférée au personnel de production ;

– beaucoup d'entreprises externalisent une partie des activités de maintenance pour se concentrer sur leurs activités propres ; cette externalisation commence le plus souvent avec les travaux généraux (bâtiments, espaces verts, peinture, nettoyage), s'étend de plus en plus souvent à la gestion des utilités (production de chaleur, d'électricité, d'air comprimé, de vapeur, réseaux d'eau, etc.) puis parfois à tout ce qui n'est pas le cœur du métier de l'entreprise (process spécifiques dont l'usine veut garder l'expertise). Le service de maintenance devient une sorte de bureau méthodes, définissant des cahiers des charges, prescrivant certaines tâches et surveillant la bonne exécution des travaux ;

– certaines entreprises industrielles rattachent systématiquement le personnel technicien (mécanique, électricité, électromécanicien, etc.) aux équipes de production qui deviennent polyvalentes pour organiser et gérer, par atelier ou ligne de production, les activités de production et de maintenance.

☐ **Organisations de soutien militaire, aéronautique, des grands moyens de transport**

En dehors de l'industrie, les organisations de maintenance ont tendance à se calquer sur la distinction en niveaux du C.11.1.2.

Au premier niveau, les opérateurs doivent pouvoir intervenir très rapidement pour effectuer des dépannages ne demandant pas de compétences techniques très spécialisées. La gestion des configurations et des états à travers le superviseur, l'utilisation de redondances ou parfois l'échange standard de sous-ensembles sont les bases de cette maintenance.

Au deuxième niveau interviennent des spécialistes postés (mécanicien volant dans l'aéronautique par exemple ou postes de spécialiste dans une salle de supervision) capables de faire des diagnostics techniques et de remédier très rapidement aux défaillances ou encore intervenant par ronde soit en permanence, soit à des moments d'inactivité (avion au sol, trains en gare, etc.) selon des périodicités d'inspection et contrôle.

Au troisième niveau, on va trouver des ateliers et des équipes techniques de terrain capables d'effectuer des opérations plus spécialisées de dépannage, de contrôle et de maintenance préventive. Ils disposent de matériels de test et d'intervention ainsi que de stocks de pièces de rechange. Pour la maintenance des systèmes d'armes, ces équipes et ces ateliers sont souvent mobiles de façon à accompagner les déploiements géographiques des systèmes.

Au quatrième niveau, interviennent les ateliers organisés pour la maintenance préventive lourde ou les réparations importantes. Ces ateliers travaillent selon des plannings avec des installations spécialisées.

Au cinquième niveau, on trouve les grandes opérations de remise à niveau, de visites annuelles ou pluriannuelles gérées comme des projets avec souvent appel intensif à de la sous-traitance (travaux pluriannuels d'une raffinerie par exemple) ou retour en usines ou ateliers très spécialisés (entreprises spécialisées pour la maintenance de certains types d'avion par exemple).

Bien entendu, ces principes s'adaptent à chaque secteur et l'on ne maintient pas de la même façon une flotte d'avion et une centrale nucléaire. Dans l'aéronautique par exemple, on distingue :

– la maintenance en ligne des appareils qui effectue des interventions limitant l'immobilisation d'un appareil de une heure à une nuit ou au maximum de quelques jours ;

– la réparation des moteurs qui comporte le démontage d'un moteur, son expertise, sa réparation et son remontage pour être remis à disposition de l'exploitation qui dispose en général de plus de moteurs qu'il n'en faut pour équiper les avions ;

– la réparation des équipements avioniques, hydrauliques, pneumatiques, électromécaniques qui, après réparation, regagnent le stock ;

– le grand entretien des avions constitué de visites obligatoires tous les 4 à 8 ans selon le type d'avion et son programme de vol et qui peut durer 2 mois

pendant lesquels, on démonte complètement l'appareil pour expertiser, ses structures et ses composants.

■ TPM

On a déjà évoqué à plusieurs reprises la TPM ou *Total Productive Maintenance*, doctrine industrielle visant à améliorer la productivité-machine par une amélioration de la fiabilité des équipements, une réduction du temps perdu aux démarrages ou aux changements de production (SMED), une action systématique sur tous les facteurs de non-productivité (non-qualité, micro-arrêts en cours de production, ralentissements, etc.). On parle souvent, comme nous l'avions proposé dans un ouvrage (Pimor, 1991), de management productif total pour souligner que le but du TPM n'est pas seulement de réduire les temps d'indisponibilité par une amélioration de la maintenance. Un des principaux moyens d'améliorer le taux de rendement synthétique, qui mesure alors la productivité globale d'un équipement, est en effet de confier aux opérateurs de production un certain nombre de tâches de surveillance et de maintenance des machines, et un effort particulier est mis sur la propreté des équipements, l'ordre sur les postes de travail, le rangement et plus généralement l'appropriation des équipements par les opérateurs.

La (ou le) TPM n'est pas sans lien avec les autres techniques de « l'École de Toyota » et ce n'est pas un hasard si la première réalisation a vu le jour chez un sous-traitant de Toyota (Nippon Denso).

Deux aspects méritent d'en être soulignés :

– la modification des tâches et des responsabilités de l'opérateur de production,

– le « culte de la propreté ».

11.3.2 GMAO (gestion de maintenance assistée par ordinateur)

Depuis quelques années, l'utilisation de l'informatique en maintenance s'est beaucoup développée et, avec le professeur Marc Gabriel, nous avons proposé de distinguer « techniques de maintenance assistée par ordinateur » (TMAO) et « gestion de maintenance assistée par ordinateur » (GMAO).

Sous le premier vocable, on regroupe tous les usages de l'informatique liés à des techniques particulières à la maintenance :

– systèmes experts d'aide au dépannage ou plus généralement aux diagnostics de maintenance ;

– programmes de traitement des données d'analyse vibratoires par transformées de Fourier rapides (FFT : *Fast Fourier Transformations*) *on line* ou *off line* ;

– systèmes de gestion des bases d'analyses d'huile (chimique ou spectrométrique) avec éventuellement une aide au diagnostic ;

– systèmes d'analyse des conditions de fonctionnement d'un îlot de production : systèmes reliés à des cartes de fonds de panier d'automates ou à des capteurs particuliers et permettant d'analyser le fonctionnement d'un équipement pour détecter des dysfonctionnements ;

– systèmes d'analyse par thermographie infrarouge ;

– systèmes de traitement des AMDEC, etc.

Les systèmes de GMAO au contraire ont pour but de rassembler dans une même base de données toutes les informations utiles à la gestion d'un service de maintenance. On y trouve une analyse le plus souvent topo-fonctionnelle des équipements avec un découpage arborescent en organes, sous-ensembles, etc. jusqu'à la pièce élémentaire non réparable.

Les principaux suivis sont :

– le suivi des gammes de maintenance préventive ou même corrective, avec parfois des éléments d'aide au diagnostic ;

– la gestion des stocks de pièces de rechange (voir chapitre 13) et de leurs nomenclatures ;

– la gestion des outillages ;

– la gestion des réparations en atelier ou à l'extérieur de l'entreprise ;

– le suivi des pièces individualisées quelle que soit leur position dans l'entreprise (montées sur machines, démontées en attente, en atelier de réparation, à l'extérieur en attente de devis, en réparation à l'extérieur, etc.) ;

– le suivi des demandes d'intervention qu'elles soient initialisées par des appels des services de production, des alarmes automatiques issues des systèmes de contrôle-commande ou des plans de maintenance préventive ;

– la planification des interventions de maintenance ;

– la préparation éventuelle des interventions et la mise en place du cadre de sécurité s'il y a lieu ;

– le suivi des interventions (étapes, travaux effectués, pièces consommées, déposes, montages, coûts) ;

– la préparation et le suivi des budget de maintenance ;

– l'analyse des incidents (symptômes, causes, effets, conséquences) et les statistiques de fiabilité correspondantes ;

– le suivi des personnels de maintenance et, de plus en plus souvent, du personnel de production (puisqu'il participe de plus en plus aux tâches de maintenance) : qualifications, formations, interventions, indisponibilités, etc. ;

– le suivi de la sous-traitance (contrats, interventions, mesures de qualité, etc.) ;

– les programmes de travaux neufs avec leur préparation, leur autorisation, la planification des tâches qui peut faire appel à des techniques de PERT, leur suivi, etc. ;

– le suivi budgétaire : budgets, coûts ;

– le suivi de la productivité des équipements (statistiques de panne, d'arrêts pour changement d'outillages, de non-production, de non-qualité, etc.) en liaison avec les systèmes de suivi de la production.

Naturellement tous ces aspects de la GMAO sont étroitement liés de telle sorte que les bases de données de GMAO peuvent être relativement complexes. Des liens peuvent être établis avec les autres systèmes informatiques qui intéressent les mêmes matériels :

– systèmes de supervision ou systèmes d'analyses spécialisés pour déclencher des demandes d'intervention automatiques ou recueillir automatiquement

des données sur l'utilisation de l'équipement (nombres d'heures de fonctionnement, production, etc.) ;

– systèmes de GPAO pour inclure les opérations de maintenance programmées dans des créneaux de non-utilisation des machines ;

– systèmes d'achats pour la gestion des réapprovisionnements de pièces de rechange ;

– systèmes de gestion du personnel ou de paye ;

– systèmes de gestion budgétaire et comptable ;

– systèmes de documentation des équipements, etc.

On notera qu'il existe des systèmes de GMAO de toutes tailles, et donc de tous prix et que la plupart des systèmes en service ne mettent en œuvre qu'une faible partie des possibilités offertes. On verra par la suite que les systèmes informatiques de gestion intégrée d'entreprise (ERP : *Enterprise Resource Planning*) ont tendance à s'intégrer non plus seulement autour d'un axe comptable, mais encore autour d'un axe logistique qui font des systèmes informatiques de *supply chain* des futurs concurrents de ces ERP. Mais les systèmes de GMAO peuvent eux aussi apparaître comme des axes au moins partiels d'intégration compte tenu du nombre de leurs liens avec les autres systèmes.

On imagine assez bien qu'un équipement, quel qu'il soit, puisse être analysé avant même sa mise en service grâce à des analyses FMDS, MBF ou analyses techniques pour le décomposer (nomenclatures), préconiser de la maintenance préventive, définir ses gammes de maintenance, etc. On peut donc livrer à l'utilisateur un système de GMAO entièrement prêt à l'emploi au même titre que le système de documentation technique. Une telle pratique n'est pas encore entrée dans les mœurs et chaque entreprise a ses propres systèmes de GMAO qu'il est souvent difficile d'enrichir à partir des données du constructeur, sauf dans l'aéronautique où il existe des normes de transfert d'information.

11.3.3 Du service après vente (SAV) au marketing de services

Le service après vente était traditionnellement une activité annexe des fabricants de produits complexes. Centre de profits non négligeables, l'entreprise en attendait essentiellement des revenus supplémentaires. Le personnel technicien travaillait au sein du SAV de façon autonome par rapport aux services commerciaux ou de production. Assez souvent, dans les grandes installations, du personnel détaché, disposant de locaux techniques sur le site, assurait en permanence la maintenance d'équipements. Cette activité a subi beaucoup de changements au cours de ces dernières années. Le monopole de fait des SAV de constructeurs s'est trouvé attaqué par de nouveaux concurrents ; les améliorations de fiabilité ont réduit le rôle technique des SAV dans beaucoup de domaines mais en revanche, il est apparu qu'ils pouvaient jouer un rôle commercial de premier plan et le SAV est devenu l'objet d'un véritable marketing.

■ Exemple de l'industrie des ordinateurs

La maintenance des ordinateurs peut être un bon exemple de ces évolutions. Traditionnellement la mise en place d'ordinateurs au sein de grands services

tertiaires (banques, assurances, administrations, etc.) imposait au constructeur d'en assurer lui-même la maintenance d'autant plus que, pendant longtemps, ces équipements étaient le plus souvent loués. Dans le cas de vente, des contrats de maintenance étaient systématiquement proposés. Tous les constructeurs d'ordinateurs ont donc dû constituer de très importants services après-vente organisés géographiquement avec des équipes prêtes à intervenir sur appels des clients dans une certaine zone. Pour les grands systèmes, une équipe sur place pouvait assurer une présence continuelle. Les SAV constituaient une source de profits importants de telle sorte que les intervenants appelés à intervenir à n'importe quel moment avec des astreintes importantes étaient plutôt bien payés d'autant plus qu'ils avaient une compétence très spécialisée par type de matériel et difficile à apprendre autrement que par expérience sur le tas. Les stocks de pièces de rechange étaient importants et disséminés à travers le territoire et ces services se sont révélés relativement coûteux. Ils étaient cependant très rémunérateur. Dans les années 1980, les revenus issus des services pouvaient représenter de 25 à 33 % du revenu total d'une compagnie de fabrication d'ordinateurs comme Digital, Wang ou Prime. On entend par services, la maintenance des matériels, le soutien du logiciel, la formation et la vente de pièces de rechange. Mais la marge sur les services étant nettement plus importantes que la marge sur les matériels, la contribution des services à la marge totale pouvait atteindre 50 % dans certains cas (Mathe, 1991).

Mais les matériels ont évolué de façon importante avec le développement des mini-ordinateurs puis des micro-ordinateurs. Dans les centres informatiques des entreprises, les matériels se sont diversifiés en provenance de très nombreux fournisseurs différents. Pour les grands ordinateurs, il est apparu que la présence permanente de spécialistes sur le terrain était de moins en moins nécessaire. Il n'était plus possible de conserver dans chaque centre informatique toutes les cartes électroniques ou pièces nécessaires ni non plus toute la gamme des différents spécialistes devenus indispensables : spécialistes hardware par matériel, spécialistes systèmes ou par grands logiciels, spécialistes des imprimantes, des Télécom, etc. Les diagnostics se sont pratiqués de plus en plus par ordinateur et donc par connections téléphoniques. Des centres de diagnostic se sont donc créés permettant de déterminer à distance la nature d'un incident et d'organiser le dépannage en envoyant les cartes et pièces nécessaires d'une part, le spécialiste compétent pour le type d'incident d'autre part.

La multiplicité des fournisseurs d'équipements, d'ailleurs souvent interconnectés, a eu comme conséquence que les utilisateurs, las de voir les différents SAV se renvoyer la balle en face d'un dysfonctionnement, ont cherché à n'avoir qu'un seul interlocuteur pour leur maintenance, qu'il s'agisse de grands centres informatiques ou de parcs de micro-ordinateurs. Les utilisateurs les plus compétents techniquement (armées, usines, centrales, etc.) ont organisé leur propre service de maintenance créant ainsi ce qu'on a appelé la maintenance de deuxième partie. Les cahiers des charges d'achats de matériels informatiques ont donc vu se développer des annexes importantes sur la communication des documentations techniques, la fourniture de pièces de rechange dans certains délais et à certains prix, la réparation de sous-ensembles, la formation des agents de maintenance, etc.

Puis sont apparues des entreprises spécialisées de maintenance informatique aptes à prendre en charge la maintenance de parcs ou de grands centres, entreprises qu'on a appelées *Third Part Maintenance* ou TPM (à ne pas confondre avec l'autre signification de l'acronyme TPM). Les SAV de constructeurs, disposant en effet d'une rente de situation, faisaient des bénéfices considérables d'autant plus que la maintenance des micro-ordinateurs devenait extrêmement facile, par changements de cartes le plus souvent, et très comparable d'un micro-ordinateur à l'autre. Ces entreprises de maintenance ont donc pu proposer des coûts de maintenance très nettement moins élevés que ceux des contrats d'assistance des constructeurs.

Les constructeurs informatiques ont d'abord tenté de freiner cette évolution, mais ils ont dû peu à peu l'accepter sous des contraintes juridiques, particulièrement aux États-Unis. Ils ont dû maintenir une activité importante de fournitures de cartes électroniques et autres pièces de rechange dans des délais brefs aussi bien pour leurs propres services d'après-vente, que pour les entreprises de TPM. Ils se sont trouvés face à des spécialistes qui connaissaient les prix de revient des cartes et des composants et, ayant accès aux fournisseurs de composants, commençaient même à réparer des cartes. Ils ont donc dû réorganiser leurs services de gestion de cartes et pièces de rechange comme on le verra au chapitre 13.

Les SAV des constructeurs voyant leurs revenus se réduire, se sont donc réorganisés. Dans le même temps des associations efficaces comme l'AFSM (*American Field Service Managers* ayant des associations affiliées dans beaucoup d'autres pays) ont rassemblé les responsables de ces services de maintenance pour entamer une réflexion approfondie sur le rôle des SAV au sein des entreprises. Il est apparu que le rôle commercial du SAV, dans un environnement où les constructeurs de matériels sont très nombreux, pouvait être important. En effet le technicien de maintenance est souvent le seul représentant du constructeur avec lequel le client a un contact régulier et à tous les niveaux du service informatique. Si ce technicien a un pur profil de technicien compétent mais peu disert, voire bourru, s'il met en cause devant les clients sa hiérarchie ou les produits fabriqués par son entreprise, il peut imposer une image désastreuse de son entreprise et de ses produits. Il intervient en outre assez souvent dans des situations de crise où le client est mécontent et, selon qu'il sait gérer ou non les aspects psychologiques de cette crise, il laissera une impression très favorable ou très défavorable de son entreprise. Au contraire un technicien même moins compétent, mais ayant une bonne capacité de relation, formé à mettre en avant la qualité des produits de l'entreprise, ouvert à tous les services que peut demander le client et sachant gérer les crises, peut être un des meilleurs atouts de l'entreprise auprès de sa clientèle. Peu à peu les responsables de SAV ont pris conscience qu'ils ne manageaient pas des opérations techniques, mais étaient des managers de services aux entreprises et que leur rôle commercial pouvait être déterminant.

Dans le même temps le matériel informatique se fiabilisait de façon très importante. On verra au chapitre 11 qu'un système informatique qui avait 18 pannes par an en 1975, n'en avait plus que 12 en 1980, 5 en 1984, 4 en 1989 et 1 en 1993.... On s'explique que tous les constructeurs informatiques aient dû revoir complètement l'organisation de leur SAV au cours de ces dernières années. Cette évolution a d'ailleurs plutôt accentué le développement d'un

marketing de services : les agents de SAV viennent moins souvent voir leurs clients à l'occasion de pannes, mais plutôt pour des maintenances préventives ce qui leur permet d'établir des relations plus sereines ; en revanche les pannes, plus rares, sont perçues par les clients avec un œil plus critique.

Un élément important de la gestion des SAV est aussi l'utilisation de logiciels et de progiciels capables d'aider à la gestion de ces services sous tous leurs aspects. Les systèmes de communication hertzienne avec les agents en déplacement étaient indispensables avant même le développement des mobiles. La possibilité pour ces agents de consulter par voie hertzienne le système informatique est tout aussi importante. On peut même penser que d'ici quelques années la plupart des interventions seront le fait de « mainteneurs » généralistes reliés à différents centres de soutien, équipés de PC portés à la ceinture et de casques audio-visuels pour communiquer[1]. Un système de gestion SAV ressemble à un système de GMAO en ce sens qu'il comprend :

– la gestion des équipements soutenus, configurations, enregistrement des incidents, garanties,

– la gestion des demandes d'intervention et des interventions en temps réel,

– la gestion des gammes et des nomenclatures,

– la gestion des pièces de rechange,

– la gestion des intervenants, congés, plannings, qualifications, etc.

Le système doit gérer en outre un certain nombre de modules spécifiques au SAV :

– la gestion d'un centre de réception des demandes d'intervention *(hot line)* avec facilités d'identification des clients et des matériels concernés, recherche des intervenants disponibles à proximité du client (éventuellement avec un suivi des véhicules sur plan) ;

– la gestion des contrats de maintenance, caractéristiques, matériels soutenus, étendue de la garantie, etc. ;

– la communication par messagerie avec le centre de gestion du SAV, les ingénieurs commerciaux, les différents spécialistes, les centres de diagnostic ou de surveillance ;

– l'annuaire des représentants des clients ;

– le suivi automatique des interventions pour détecter les durées anormales avant dépannage, les temps de dépannage anormaux, etc. ;

– la gestion budgétaire des contrats de maintenance.

■ Marketing de produits et marketing de services

L'exemple de l'industrie des ordinateurs, aussi intéressant soit-il, n'est peut être pas tout à fait significatif des évolutions à venir dans d'autres domaines industriels. En effet les constructeurs d'ordinateurs ont commencé par vendre des services (en louant leurs ordinateurs) puis on a assisté progressivement à une séparation entre la vente des matériels (les constructeurs), leur mainte-

1. D'après une conférence de Reinhard Klein, directeur du support technique PC à IBM Europe, à l'Institut des hautes études logistiques (ESSEC), le 16 septembre 1997.

nance (sociétés de TPM) et les services liés aux progiciels (sociétés de services) ou à la formation.

On peut se demander comment va évoluer le rapport entre la vente de services et la vente de matériels dans les différents secteurs industriels. De nombreux consultants ont attiré l'attention sur l'importance de l'évaluation du service lors de la décision de choix d'un matériel. Pour la vente d'automobiles, la garantie de 50 000 km puis de 100 000 est devenue un argument de vente. Le service devient un élément important du *marketing mix* des biens de consommation durables. Le phénomène est d'autant plus accentué que le matériel est complexe et l'influence des concepts militaires issus du *Life Cycle Cost* commencent à se répandre dans le secteurs privé. Mais il y a plus : le développement de la location de véhicules ou de la sous-traitance industrielle vont dans le sens d'un remplacement progressif de la vente de matériel par une mise à disposition. La vente de produits industriels devient un partenariat de longue durée entre un fournisseur et un utilisateur.

Nous sommes ici encore à un des points de rapprochement des deux logistiques de flux et de soutien. Si l'industriel ne vend plus un bien mais un service, c'est-à-dire met à disposition de son client un bien et des services associés, la logistique de distribution n'est plus alors qu'une composante d'une logistique générale de service. Nous n'en sommes pas là dans tous les domaines, mais il n'est pas certain qu'il n'y ait pas l'amorce d'une évolution de longue durée au moins dans le domaine, des biens durables et de certains biens industriels.

11.3.4 Maintenance des logiciels

La maintenance des logiciels est un sujet à la mode tant est grande l'importance des logiciels et progiciels dans les systèmes complexes. On parle même de « systèmes à logiciels prépondérants ». D.E. Peercy (1995) rappelle que l'avion de combat F15 a une puissance de calcul de 2,3 millions de lignes de code réparties entre 17 calculateurs embarqués. Il est donc clair que les logiciels deviennent un des champs d'application privilégiés du SLI. Une difficulté demeure : pour la plupart des informaticiens, il n'y a pas de problèmes de logiciel qui ne doive être résolu dès la conception avec une bonne définition des spécifications et des outils appropriés de réalisation. Comme le logiciel ne s'use pas et ne se dégrade pas à l'usage, sa vie ultérieure ne demanderait que quelques travaux de servitude. Les recherches se focalisent donc beaucoup plus sur les méthodes de développement, la preuve de la validité des programmes que sur leur soutien en cours de vie. La MIL STD 1388-1 ne portait pas sur les logiciels. L'expérience commune montre cependant qu'un logiciel ou progiciel a une vie : il évolue, s'améliore avec de nouvelles fonctionnalités et s'adapte aux évolutions de l'environnement. Il vieillit aussi au fur et à mesure qu'on le modifie. Ce caractère prend de plus en plus d'importance si l'on passe des systèmes militaires relativement figés à des systèmes civils où l'adaptation aux besoins du marché est permanente.

Une certaine prise de conscience des possibilités d'adaptation des techniques du SLI au logiciel se dessine au cours de ces dernières années. En 1989, un *workshop* de la SOLE a été consacré à la logistique du logiciel. La Society of Automotive Engineers a travaillé sur des standards de maintenance des logiciels et a envisagé de développer un guide pour appliquer la MIL STD 1388-1 A

au logiciel. Il n'est pas certain que cette approche des logisticiens s'impose dans le milieu de l'informatique de procédé, mais un problème existe qui devra trouver peu à peu des solutions.

11.4 Contractualisation du SLI[1] et maintenance en conception

11.4.1 Rôle du maître d'ouvrage

On a vu que le système logistique intégré doit être défini et réalisé par l'industriel qui conçoit et réalise un système. Lorsque ce système est spécialement conçu ou adapté pour un client particulier, et n'est donc pas acheté « sur étagère », on se trouve dans la logique habituelle « maître d'ouvrage », le client, et « maître d'œuvre », l'industriel. Il convient alors que le maître d'ouvrage définisse contractuellement ce qu'il attend du maître d'œuvre et de ses coopérants (fournisseurs ou sous-traitants) en ce domaine du SLI. C'est lui qui ensuite devra mettre en œuvre le plan ASL qu'il aura approuvé.

Dès son appel d'offres, il devra donc définir les spécifications logistiques et les performances du système et de son soutien.

1. Les éléments du LCC à fournir par le soumissionnaire :

– coût de soutien,

– fréquence et durée de la maintenance préventive,

– coût des bancs-tests, outillages et matériels de maintenance à chaque niveau,

– coût des pièces de rechange,

– personnels et temps maximal nécessaires pour la maintenance corrective et préventive à chaque niveau,

– niveau nécessaire des stocks à chaque niveau etc.

2. Ses exigences en termes de performances :

– fiabilité (disponibilité opérationnelle, taux global de réparation par niveau de maintenance, taux d'indisponibilité, taux de fausses alarmes, proportion de pannes détectables),

– maintenabilité,

– testabilité (niveau de localisation par tests intégrés ou tests externes),

– ergonomie,

– durée de vie,

– durabilité,

– modularité.

3. Ses exigences en termes de procédures et de réalisation technique :

– procédures,

1. Ce paragraphe doit beaucoup à un exposé de M. Éric de Tocqueville de LGM Consultants (1996).

– règles de conception,

– méthodes d'évaluation et de vérification,

– critères de décision,

– langages de programmation, règles de structuration des programmes, documents de spécification, programmes sources, procédures de test et de maintenance, etc.,

– procédures de manutention.

4. Les tâches demandées pour le SLI :

– management du SLI,

– plan de soutien (dont le plan de maintenance),

– études SDF, ASL, etc.,

– base de données logistiques,

– méthodes d'application de l'ASL,

– tenue de revues ASL, reporting technique calendaire et financier, audits éventuels (en cas de problèmes).

Dans le contrat lui-même doivent être prises beaucoup de précautions pour garantir les performances du système de soutien qui va pouvoir durer de 5 à 25 ans ou plus parfois avec par exemple :

– règles de garantie et dédommagement financier pour les heures d'arrêt d'exploitation dépassant un minimum spécifié ;

– obligation de fournir des pièces de rechange pendant X années (gratuitement éventuellement puis à des conditions fixées) ;

– rachat éventuel des pièces de rechange non utilisées au bout d'un certain nombre d'années ;

– obligation de réparer ou de procéder par échange standard à des conditions déterminées pendant un certain nombre d'années ;

– maintien de chaînes de test et de réparation ou fabrication et d'un stock de composants si nécessaire pendant un certain nombre d'années ;

– au-delà de ces périodes, obligation de transférer éventuellement au maître d'ouvrage la documentation technique, les matériels spécialisés et les stocks à un prix déterminable selon des règles prévues ;

– procédures de remise à niveau (délais, interventions, etc.) en cas d'anomalies de fonctionnement et règles d'indemnisation ;

– obligation de veille de l'obsolescence et des possibilités d'approvisionnement des composants stratégiques.

11.4.2 Maintenance en conception

On a vu que dans un système SLI, le programme de soutien comprenait un important programme de maintenance, part importante du LSA. On a vu également les méthodes qui permettaient de préparer un tel programme : méthode RCM ou MBF. On va trouver au-delà, des méthodes de conception même de la maintenance comme LORA, mais aussi des recommandations importantes dans la conception des équipements.

■ Méthode LORA *(Level Of Repair Analysis)*

La méthode LORA, définie par l'ex MIL STD 1390 B, est la façon d'exécuter la sous-tâche 303.2.7. de la MIL STD 1388-1 A. Elle a pour but de déterminer à quel niveau doit être réparé un équipement ou un élément d'équipement. S'il n'existe qu'une seule solution possible du fait même des choix initiaux de concepts de maintenance, le problème ne se pose pas. En revanche, s'il existe plusieurs possibilités, alors il faut procéder à une analyse de façon à faire le choix en fonction de critères pré-définis soit économiques, soit opérationnels. Un autre choix classique est celui entre la réparation d'un sous-ensemble et son échange standard sans réparation ultérieure. Ce sont le plus souvent des considérations économiques qui permettent de trancher.

■ Principes de conception des équipements pour la maintenance[1]

Un des principes majeurs du SLI est de prendre en compte le soutien et particulièrement la maintenance dès la conception d'un équipement non seulement en définissant progressivement un système de soutien, mais encore en tenant compte des besoins de la maintenance dès la conception même de l'équipement. Il est encore fréquent que le service de maintenance d'une entreprise industrielle ne soit pas associé au choix d'un équipement ou à sa conception. Il est cependant évident que la maintenabilité d'un équipement dépend de sa conception même et les entreprises les plus performantes, dans la construction automobile par exemple, désignent un responsable de la maintenance au sein de chacun des projets dès même la phase de conception initiale. Un certain nombre de principes ont été progressivement dégagés à travers les analyses ASL et on peut en résumer quelques éléments importants :

– la modularité,

– la testabilité,

– les recommandations pratiques.

Ces principes peuvent conduire à un surcoût très important dans la conception puis la réalisation d'un équipement ; ces surcoûts doivent donc être comparés à la diminution des coûts de maintenance que va générer leur application. On notera cependant que la durée de vie d'un équipement industriel sera assez souvent beaucoup plus courte que celle d'un équipement sophistiqué militaire, aéronautique, ferroviaire ou nucléaire par exemple. D'autre part, on cherche dans l'industrie un ROI, retour sur investissement, rapide et on ne prend donc en considération que des durées de quelques années, en allant même parfois jusqu'à envisager de ne pratiquer qu'un minimum de maintenance sur un équipement, quitte à le remplacer rapidement pour tenir compte de la courte durée de vie des fabrications et de la rapidité de l'obsolescence technique des équipements.

□ Principe de modularité

Le principe de modularité consiste à séparer un équipement en modules électriques et mécaniques ayant le minimum de liaisons entre eux sans cependant

1. D'après un exposé de M. Éric de Tocqueville de LGM Consultants dans le cadre des journées ILCE 1996. Voir le guide AMCP 706-134 US *Maintenability Guide for Design* (500 pages).

dégrader la fiabilité ou l'organisation de l'équipement dans l'espace. Ces modules doivent être approximativement uniformes en taille et en forme. On s'efforcera également de rassembler dans un même module des composants optimisés pour traiter une fonction donnée plutôt que d'éclater la même fonction sur plusieurs modules.

Ces principes doivent cependant être adaptés à l'objectif de faciliter la maintenance de l'équipement. On s'efforce par exemple de réaliser des modules mécaniques faciles à déconnecter et à reconnecter sans réglages. Si tous les composants d'un équipement sont fiables sauf un ou deux, on peut modulariser les éléments les moins fiables en donnant au module un accès facile par un côté de l'équipement. Aux premiers niveaux, on privilégie la rapidité de changement des modules de façon à augmenter la disponibilité opérationnelle tandis qu'aux niveaux 3 ou 4, on s'efforce plutôt de privilégier l'économie de réparation.

Les modules échangeables doivent être conçus, fabriqués et montés afin qu'ils satisfassent aux critères suivants :

– on sépare dans des modules différents les composants coûteux et fiables des composants bon marché et peu fiables (ou de faible durée de vie),

– le niveau de maintenance qui décide du rebut est clairement spécifié,

– les procédures de test à réaliser avant la dépose sont clairement identifiés et donnent des résultats non ambigus.

☐ **Concept de testabilité**

La testabilité d'un système, ou d'un équipement, est son aptitude à prévenir à partir d'un test qu'il n'est plus en état de fonctionnement opérationnel (aspect « détection ») et à identifier l'élément défaillant (aspect « localisation ») (d'après de Tocqueville, 1997). On mesure la testabilité en :

– taux de détection (pourcentage des défaillances détectées par les tests),

– précision de la localisation (pourcentage des localisations correctes des défaillances),

– taux de fausses pannes (pourcentage où le test a conclu à tort à une défaillance).

La norme STD 2065 précisait les tâches de testabilité :

– tâches de contrôle du programme :

101 – Plan de testabilité,

102 – Revues de testabilité,

103 – Système de collectes de données, d'analyses et d'actions correctives,

– tâches de conception et d'analyse :

201 – Exigences et allocations de testabilité,

202 – Étude de définitions de testabilité,

203 – Études de développement de testabilité,

– tâches d'évaluation et de test :

301 – Données d'entrée pour la démonstration de la testabilité.

☐ **Recommandations pratiques**

Les recommandations pratiques sont très diverses et sont le fruit du bon sens et de l'expérience :

– utiliser des chaînes pour la fixation de petits éléments souvent déposés,

– concevoir des trappes d'accès avec une fixation qui les bloque une fois ouvertes,

– pour des vis, « la longueur des vis ne doit pas être supérieure à ce qui est nécessaire (figure 11.4) ; le nombre de tours de fixation doit être inférieur à 10 (voir les recommandations du SMED sur ce sujet) ; on doit monter si possible des vis imperdables ; on ne doit pas fixer de vis faisant partie intégrante de l'équipement fixé (de Tocqueville, 1996) »,

– pour les câbles, éviter les contournements de pièces, concevoir les cheminements afin de s'assurer que le personnel ne marchera pas sur les câbles, etc.

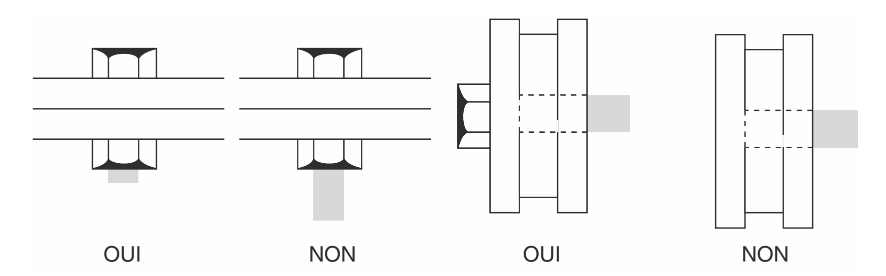


Figure 11.4 – Disposition des vis.

■ Conception d'équipement et TPM

L'irruption de la TPM dans le monde industriel, et particulièrement chez les fabricants d'automobiles, a eu des conséquences sur l'organisation de la production (nouvelles relations maintenance-production, automaintenance, maintien de la propreté, souci de l'amélioration systématique du TRS, etc.), mais aussi sur les équipements que l'on a progressivement modifiés au regard de l'accessibilité, de la facilité d'inspection, de l'absence de salissure, de la fiabilité et de la maintenabilité, etc. Il était alors naturel que, dans l'industrie automobile où l'on renouvelle en permanence les chaînes de production, on cherche à obtenir du premier coup des équipements répondant à ces soucis de la TPM. Ainsi FIAT- Auto à Turin (Mirafiori) a, dès 1993, avec le concours d'un stagiaire de l'ESSTIN, établi un manuel TPM à l'intention des concepteurs d'équipement.

« Le manuel TPM. est formé d'une série de questions présentées sous forme de *check-list* et permet de vérifier l'aptitude d'une machine à être gérée sous TPM. Ces questions ont été élaborées en listant tous les problèmes rencontrés lors du fonctionnement et de la maintenance des moyens de production, par enquêtes auprès du personnel de production et de maintenance en atelier. »

On trouve par exemple dans ce manuel des questions comme : « A-t-on évité que les copeaux s'accumulent à l'intérieur de la machine ? » (Anémone, 1993).

En 1995, à partir de cette première expérience, ce manuel a été revu par un autre stagiaire de l'ESSTIN. En a été extrait un chapitre TPM inséré dans la norme que FIAT remet comme un document contractuel à chaque constructeur ayant répondu à un appel d'offres pour la réalisation de moyens de production. D'autre part, le manuel a été adapté pour être utilisé lors de l'AMDEC de conception de l'équipement. Ce manuel est donc utilisé aussi bien lors de l'étude de l'AMDEC à partir des dessins de définition qu'à la première réception de l'équipement chez le constructeur et qu'à la réception définitive de l'équipement mis en place dans l'atelier avec ses contraintes (Pascolini, 1995).

Dans sa thèse de doctorat de l'Université de Nancy, Jean-Paul Manata (1996) montre comment une entreprise sidérurgique Unimetal, lors de la création d'une nouvelle unité d'aciérie électrique a non seulement pris en compte les besoins de la TPM à travers les AMDEC mais encore inclus l'auto-maintenance dans un plan de maintenance préventive préparé dès la conception des fours électriques.

Mais le projet de Jean-Paul Manata est plus ambitieux. Il s'agit d'une véritable méthode de conception des outils de production (COP) assez proche de ce que cherche à réaliser l'ICS mais dans une optique TPM. La conception est divisée en quatre phases correspondant aux pratiques de l'industrie :

– étude d'investissement à long terme,

– étude de faisabilité (avec plusieurs solutions),

– conception préliminaire (une seule solution),

– développement.

Au cours de chaque phase, cinq thèmes de travail sont systématiquement repris avec un enrichissement progressif :

– stratégie globale et gestion de l'information,

– mesure de l'existant,

– analyse technologique,

– évaluation de performance et de coût global,

– prise en compte du soutien.

Ce dernier point est d'évidence un acquis du SLI, mais l'évaluation du coût global reprend le concept américain de *Life Cycle Profit* pour tenter d'évaluer progressivement le profit global de possession (PGP), différence entre les coûts de l'équipement, de son soutien et de la production et les ressources considérées comme proportionnelles au TRS pendant la durée de production de l'équipement. Pour le TRS, un modèle dit de performance permet de l'évaluer prévisionellement à partir de statistiques sur des équipements comparables et d'indicateurs sur le niveau TPM projeté.

Ainsi voit-on se dessiner peu à peu dans le domaine des équipements de production, une prise en compte des objectifs économiques et des conditions de maintenance et de production qui pourrait être très prometteuse.

Bibliographie

BUFFERNE J., Guide de la TPM, Totale productivité maintenance, Ed. d'Organisation, 2006.

FRANCASTEL J.-Cl., Externalisation de la maintenance, Dunod, 2005.

FRANCASTEL J.-Cl., Ingénierie de la maintenance de la conception à l'exploitation, Dunod, 2003.

HENG J., Pratique de la maintenance préventive, Dunod, 2005.

LAURENTIE J., *Logistique*, *Démarche et techniques*, Afnor, Paris, 1994.

LAVINA Y., Amélioration continue en maintenance, Dunod, 2005.

MANATA J.-P., Thèse de l'Université de Nancy I, 1996.

MATHE H., « Field Service Management, a Means to Competitive Advantage », in *Managing Services Across Borders,* Eurolog, Cergy Pontoise, 1991.

MONCHY F., *Maintenance. Méthodes et organisations,* Dunod, Paris, 2003.

PASCOLINI S., *Maintenance à la conception : ses outils et leur intégration*, Journées d'actualisation, ESSTIN, Nancy, juin 1995.

PEERCY D. E., Application de la discipline logistique au domaine du soutien du logiciel (traduction française de L. Bardou), *Lettre de la SOLE*, n° 58, 1995.

PIMOR Y., *TPM La maintenance productive - pour produire juste-à-temps*, Masson, Paris, 1991.

PIMOR Y., Épistémologie et détermination des politiques de maintenance préventive dans l'industrie, *Revue Française de Gestion Industrielle*, École des mines de Paris, 1996.

REVERCHON A., Les cindyniciens, analystes de tous les dangers, *Le Monde*, Paris, 17 septembre 1997.

RICHET D., GABRIEL M., MALON D. et BLAISON G., *Maintenance basée sur la fiabilité, Un outil pour la certification*, Masson, Paris 1996.

RIOUT J., *AMDEC machine, Mémento pratique*, CETIM, Senlis, 1996.

RIVELINE C., *Évaluation des coûts : éléments d'une théorie de la gestion*, Cours de l'École nationale supérieure des mines de Paris, 1987.

SMITH D., GOUADEC D., Fiabilité, maintenance et risque, Dunod, 2006.

TOCQUEVILLE E. (de), Exposé à la 4e conférence internationale ILCE, octobre 1996.

Afnor, Norme X 50-415, Management des systèmes, Ingénierie intégrée, Concepts généraux et introduction aux méthodes d'application, Paris, 1994.

Afnor, Norme X 50-420, Management des systèmes, Soutien Logistique Intégré, Concepts généraux, Paris, 1994.

Afnor, Norme X 60-010, Maintenance, Vocabulaire de maintenance et de gestion des biens durables, Paris, 1984.

12 • FORMATION ET DOCUMENTATION

12.1 Les origines militaires

12.1.1 Des normes MIL STD en documentation aux progiciels de gestion de la configuration

Le Département de la Défense des États-Unis (DoD) était – et reste encore – un grand acheteur de systèmes complexes que les forces armées doivent maintenir. Il lui était donc indispensable de s'assurer que tout ce qui était nécessaire à la mise en place de ces systèmes était bien prévu dans les contrats, et particulièrement la documentation technique. C'était le but de normes MIL STD, comme la MIL STD 973, de définir ces éléments du SLI.

Bien entendu, il est apparu depuis une dizaine d'années que toutes les documentations préparées à l'aide de systèmes informatiques ne pouvaient plus être livrées sous forme papier mais devaient pouvoir être traitées par ordinateur au sein des services utilisateurs. De nombreux projets de numérisation de la documentation technique ont donc été développés dans les domaines militaires : en France par exemple, SPEEDOC pour les sous-marins nucléaires type Triomphant, Galilée pour le Rafale, etc. Ces systèmes visent tous à constituer sur ordinateur des systèmes de documentation facilitant la maintenance. On parle dans les Armées d'IETM *(Interactive Electronic Technical Manual)* ou encore d'IED *(Interactive Electronic Documentation)*. Il s'agit non seulement de constituer des bases de données logiques rassemblant toutes les données techniques qui peuvent être nécessaires, mais encore de faciliter l'accès à ces bases « de façon interactive » pour que chacun trouve facilement, ou au moins aussi facilement que possible, les réponses à ses problèmes de documentation. Au départ, il y avait des systèmes informatiques de gestion de données techniques (GED : gestion électronique de documents) et puis il a fallu faire communiquer ces systèmes avec les nombreux systèmes de CAO, de GPAO, etc. Une telle approche pose cependant plusieurs sortes de problèmes.

• *Les problèmes de vocabulaire*. La maintenance est au carrefour de toutes les techniques et de toutes les chapelles techniques. Or chaque technique, chaque entreprise, chaque laboratoire a son propre vocabulaire. Une des premières difficultés est donc de faire en sorte que tout le monde utilise les mêmes mots pour désigner les mêmes choses. C'était déjà une des bases de la MIL STD 1388. C'est aussi un des objectifs de la norme industrielle STEP.

• *La « gestion des configurations »*. La gestion des configurations est un véritable « casse-tête » combinatoire. Toute base descriptive d'un équipement doit

le décomposer en ensembles, sous-ensembles, éléments, jusqu'au plus petit élément non réparable, selon une arborescence technique. On notera tout de suite que le choix d'arborescence ne tient pas au caractère naturellement arborescent des équipements, mais à une commodité de traitement et de consultation. Cependant pour beaucoup d'équipements de haute technologie, il existe de nombreuses variantes de configuration à ce point même que dans certains domaines, il n'existe pas deux équipements identiques. De plus, ces équipements évoluent mais tous n'évoluent pas à la même vitesse. Les versions d'étude et les prototypes sont extrêmement différentes des versions industrialisées. Les mises à niveau des matériels en service se font au hasard des maintenances programmées ou même correctives. Les composants changent, qu'il s'agisse de composants logiciels ou matériels. Chaque carte électronique a ses évolutions propres et bien entendu on ne met pas à niveau en même temps toutes les cartes concernées de tous les équipements en service. Il faut s'assurer de la compatibilité de tous ces éléments. Tout le monde a gardé en mémoire les problèmes de compatibilité entre éléments informatiques de la fusée Ariane V lors de son premier tir.

• *La normalisation informatique*. Chaque corps de métier utilise ses propres systèmes informatiques en plus des innombrables progiciels généraux du commerce. Chaque entreprise a ses installations informatiques, ses réseaux, ses bases de données. Or c'est tout cela qu'il faut faire communiquer tout au long de la conception et de la vie d'un système. CALS, le gigantesque projet informatique, américain d'abord puis mondial, lié au développement du SLI est évidemment au cœur de ces problèmes de compatibilité et de normalisation (voir *infra*).

• *Les problèmes d'interactivité*. L'objectif d'interactivité des IED n'est pas simple à atteindre. Il passe par la réalisation de « frontaux documentaires ». Ce sont des systèmes complexes permettant de chercher l'information pertinente et de la présenter. On voit se profiler les futurs systèmes de diagnostic en ligne pour lesquels les systèmes experts avaient fourni une première approche prometteuse mais encore limitée. Il peut s'agir de problèmes conceptuellement simples même si leur réalisation est complexe, par exemple de rechercher dans une base de schématique électrique les éléments relatifs à une installation ou une portion d'installation et de les présenter indépendamment des autres éléments non pertinents pour un problème particulier.

• *Le coût de ces approches*. C'est certainement là, une difficulté importante. Tous ces systèmes de documentation sont ruineux : ainsi pour améliorer la maintenance du système d'armes AEGIS de frégates de l'US Navy, le groupe américain CSC a signé un contrat de 770 millions de dollars[1]... On a vu que le DoD avait du renoncer à une grande partie de ses normes pour réduire les coûts de réalisation des systèmes d'armes et élargir le cercle des fournisseurs.

1. *Logistiques Magazine*, mars 1997.

12.1.2 La MIL STD 1379 en formation

Les efforts réalisés pour la normalisation des documentations n'ont pas été aussi importants dans le domaine de la formation. Il existait bien une norme MIL STD 1379 relative à la formation dans l'arsenal des normes du DoD mais cette norme restait extrêmement générale à part quelques consignes relatives au nombre maximal d'élèves par classe et à la surface nécessaire dans les salles de cours et de travaux pratiques[1].

Ceci ne signifiait pas que la mise en service des systèmes d'armes n'était pas accompagnée d'importants efforts de formation, mais que ces efforts n'ont pas trouvé, au moins aux États-Unis, leur doctrine de réalisation et de mise en place. On entre en effet dans le domaine du facteur humain qui, le plus souvent, n'est pas le point fort des ingénieurs.

12.2 Ingénieries du facteur humain

12.2.1 Principes

La figure 12.1 essaie de montrer les différentes disciplines auxquelles l'on peut faire appel pour prendre en compte les facteurs humains dans la mise en place et la maintenance de systèmes industriels et les liens que ces disciplines entretiennent avec des disciplines plus familières aux ingénieurs. Il ne s'agit là que d'un exemple et l'on pourrait discuter chacune des disciplines identifiées et ses liens. On remarquera que tout ce que nous avons rassemblé dans la zone conceptuelle de l'« ingénierie du facteur humain » n'est que rarement enseigné aux futurs concepteurs de systèmes. Il est même à craindre que le titre d'un certain nombre de ces disciplines ne leur soit pas familier. On voit cependant apparaître, dans les universités américaines, de nouvelles disciplines organisées autour de l'étude du facteur humain dans les systèmes industriels ou de toute sorte, même si l'accent est plutôt mis sur l'ergonomie et la fiabilité humaine que sur les autres aspects de formation, motivation, documentation, etc.

L'importance du facteur humain dans l'exploitation et le soutien des grands systèmes automatisés est cependant en train de devenir un point capital de leur performance et de leur sécurité. On ne s'étonnera donc pas que nous en traitions ici, même s'il n'est pas habituel d'aborder ce type de problèmes dans les exposés de logistique, sauf justement en ce qui concerne le SLI.

Depuis toujours, l'on prévoit des programmes de formation avant la mise en route d'installations industrielles. Cependant, jusqu'à présent, l'ingénierie de ces programmes de formation n'était pas considérée comme un problème particulier. Des programmes de formation courts, souvent conçus peu de temps avant la mise en service, paraîssaient suffisants. Une formation par compagnonnage entre techniciens d'ingénierie chargés de la mise en service et

1. 36 *square feet* de plancher par élève (3,312 m²) pour les cours et 75 *square feet* (6,967 m²) pour les travaux de laboratoire avec au minimum 1 instructeur pour 25 élèves pour les cours théoriques et 1 pour 5 pour les travaux d'application.

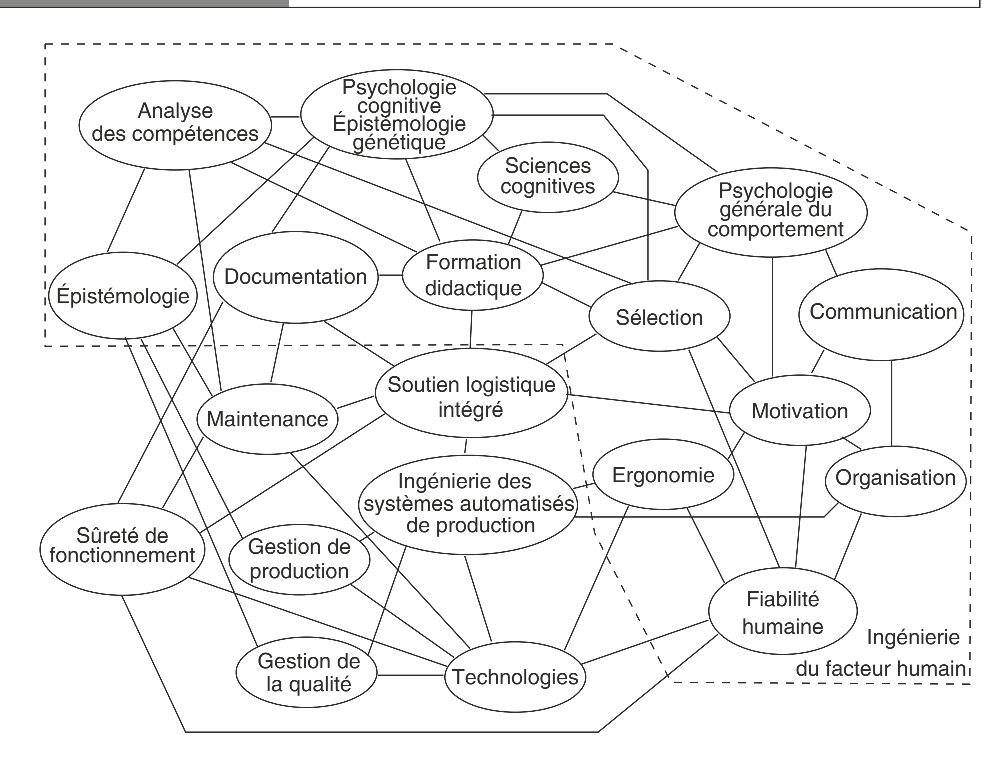


Figure 12.1 – Disciplines à prendre en compte dans la mise en œuvre et la maintenance de systèmes industriels.

opérateurs de l'entreprise était parfois la seule envisagée. Tout cela est en train de changer et pour plusieurs raisons.

Tout d'abord la concentration des responsabilités entre quelques opérateurs pilotant l'installation automatisée rend plus grave toute erreur d'un de ces opérateurs. Mme Griffon-Fouco estimait, à partir de l'étude des fichiers d'incidents des centrales nucléaires françaises, que « 60 à 80 % des incidents recensés sont attribuables à des défaillances humaines »[1]. Face à la fréquence et à la gravité des erreurs d'opérateurs dans les grands processus automatisés, il était évident qu'il fallait revoir les méthodes de formation des opérateurs. Mais une autre raison s'impose dans l'industrie : les tâches des opérateurs d'aujourd'hui ne sont plus celles de ceux d'hier ou, ce qui pose un problème plus difficile, les opérateurs d'hier sont toujours là mais leurs tâches se sont modifiées de façon importante au fur et à mesure que les lignes de production s'automatisaient.

Chacun sait que, s'il existe encore des opérateurs tayloriens qui interviennent directement sur le produit en cours de réalisation en effectuant une tâche parcellaire, ce type d'opérateurs devra peu à peu disparaître. Il est cependant

1. Cité dans Nicolet et Celier, 1984.

plus difficile de définir positivement ce que deviennent les tâches des nouveaux opérateurs de production :

– gestion de la production (à partir de superviseurs),

– démarrage et arrêt du processus, interventions d'urgence en cas d'incidents, changement de formats,

– alimentation et évacuation des produits (tâches parfois effectuées par le service logistique),

– maintien de la propreté,

– surveillance des machines,

– maintenance préventive et corrective,

– surveillance de la qualité,

– réglages et interventions diverses pour remédier aux incidents techniques et problèmes de qualité,

– saisie en informatique de données de base,

– tenue de journaux, saisie et tenue à jour d'indicateurs de qualité, de productivité et d'états des équipements,

– participation à des groupes de travail d'amélioration de la productivité, de la fiabilité, de la qualité des produits.

C'est à toutes ces tâches qu'il convient désormais de former les nouveaux opérateurs et il y a là de nouveaux problèmes à résoudre car tous les opérateurs actuels n'ont pas nécessairement la formation de base voulue pour remplir ces nouvelles tâches de façon satisfaisante.

Si l'on se préoccupe d'obtenir des résultats satisfaisants d'une nouvelle ligne de production automatisée, il va de soi que toute la démarche de conception et de mise en service de cette installation doit obéir à des règles d'ingénierie et utiliser des outils de conception adaptés. À l'intérieur de cette démarche d'ingénierie, la formation des hommes est donc une part importante. La difficulté est qu'il existe peu de règles formalisées et d'outils pour cette ingénierie humaine. Or toute l'expérience industrielle montre que son rôle est tout aussi nécessaire que l'ingénierie technique. Dans l'avenir, le *marketing mix* des installations complexes, voire même des plus simples, ne pourra plus négliger cet aspect fondamental de service.

Nous nous limiterons cependant à deux aspects particulièrement importants et qui font partie sans ambiguïté du SLI : la formation et la documentation tant pour les opérateurs d'exploitation ou de production que pour les agents de maintenance, même si nous ne faisons qu'aborder ces problèmes et les disciplines qui sont nécessaires pour les résoudre.

12.2.2 Causes d'insuccès d'une formation

A priori, chacun est convaincu de l'importance de la formation dans le SLI. La difficulté est de savoir comment donner cette formation car chacun a tendance à reproduire les modes de formation qui ont été employés avec lui et même à ne pas imaginer les problèmes que ces modes de formation sont susceptibles d'entraîner. Au niveau de sensibilisation où nous nous plaçons, il peut être utile d'énumérer simplement les causes d'insuccès d'une formation.

• *L'absence de motivation.* C'est une des causes les plus fréquentes d'insuccès d'une formation. Les stagiaires ne se sentent pas concernés par cette formation soit qu'ils ne croient pas à la possibilité d'utiliser ce qu'on leur apprend, soit qu'ils savent que leur environnement professionnel (maîtrise par exemple) ne leur permettra pas de le mettre en paraît, soit, assez souvent, parce qu'ils n'ont aucun intérêt à faire l'effort que représente un apprentissage quel qu'il soit.

• *L'inadaptation du programme de formation à ce que l'on attend des stagiaires***.** C'est une autre cause d'insuccès de beaucoup de formations.

• *L'impossibilité pour les stagiaires de mettre en paraît ce qu'ils ont appris.* Il ne s'agit pas là d'une véritable cause d'échec en formation puisque la formation peut bien se passer. Les objectifs pédagogiques peuvent être atteints, mais le milieu de travail ne permet pas aux stagiaires de mettre en paraît ce qu'ils ont appris. C'est par exemple le cas lorsque l'encadrement des stagiaires n'a pas été associé à la formation et s'oppose implicitement ou non à ce que les stagiaires au retour de la formation changent leurs façons de faire.

Ce n'est pas un vrai problème de formation. C'est plutôt un problème d'organisation, mais il est tellement fréquent que c'est la cause de ce qu'une bonne partie des formations n'atteignent pas leurs objectifs réels. Ce type de problème apparaît particulièrement chaque fois que l'on pense pouvoir modifier des méthodes de travail au moyen d'une formation sans un suivi ultérieur de cette évolution.

• *L'incompétence pédagogique des formateurs***.** Autre cause classique d'échec.

• *« L'incapacité » des stagiaires à suivre une formation.* Une telle expression est ambiguë. C'est pour cela qu'elle est ici entre guillemets. Car cette « incapacité » peut avoir bien des causes. Elle peut résulter de difficultés psychologiques (blocages par exemple). Elle peut provenir aussi d'un manque d'habitude du travail intellectuel (incapacité à rester assis pendant de longues périodes de temps, difficultés de maintien de l'attention, absence d'entraînement à des efforts de compréhension ou de mémorisation, etc.). On est alors dans le domaine des pédagogies cognitives et il est indispensable d'analyser plus finement ces difficultés.

• *Les blocages logico-mathématiques*. Le blocage est un phénomène d'origine affective qui rend un sujet incapable d'effectuer certaines actions, par exemple de réfléchir, lorsque son niveau de « stress » atteint un certain seuil. C'est par exemple le cas du « trac » des artistes, mais c'est un phénomène d'une très grande importance dans le domaine de la réflexion logico-mathématique. On notera que ce type de blocage, qui risque de se produire pendant une formation, se révèle aussi souvent lorsqu'un opérateur ou un agent de maintenance se trouvent dans une situation difficile (incidents, pannes, accidents, etc.) et qu'il contribue souvent à une conduite inappropriée avec des conséquences qui peuvent être catastrophiques.

• *Difficultés dues au manque d'habitude des activités intellectuelles.* Il est évident que quelqu'un qui n'a pratiqué aucun sport ni aucune activité physique sérieuse pendant de nombreuses années aura des difficultés à apprendre un sport exigeant sur le plan physique : résistance insuffisante à la fatigue, mauvaise coordination musculaire, etc. Il en est de même dans le domaine

intellectuel. Or la plupart des formations demandent des efforts intellectuels d'attention, de compréhension, d'analyse, de mémorisation, etc.

• *Difficultés dues à un niveau de raisonnement insuffisant.* Dans le domaine logico-mathématique, Piaget a montré que le développement du raisonnement chez l'enfant et l'adolescent passait par des stades successifs (ou « niveaux » de raisonnement). Sans développer ici la théorie de l'épistémologie génétique piagétienne et les critiques qu'avec l'expérience, il serait nécessaire d'y apporter, on peut considérer :

– qu'il existe des niveaux de raisonnement, d'ailleurs beaucoup plus nombreux et beaucoup plus variés que les deux ou trois stades piagétiens classiques que l'on peut mesurer ces niveaux de raisonnement (ou au moins les approcher de façon globale) à travers des tests dits de raisonnement opératoire, d'inspiration piagétienne ; on notera d'ailleurs, ce qui semble normal, qu'il y a une certaine corrélation entre les niveaux et la formation initiale reçue, ce qui ne veut pas dire que tous les bacheliers maîtrisent le raisonnement « formel », loin de là ;

– que certaines formations demandent la maîtrise d'un certain nombre d'outils logico-mathématiques de raisonnement et qu'elles échouent assez souvent faute d'avoir identifié ce déficit chez les stagiaires ou d'avoir cherché à le combler.

• *Difficultés dues à l'absence de certaines bases.* Ces difficultés sont de même nature que les précédentes même si leur inventaire se traduit moins en terme de niveaux. Les études pratiquées sur de nombreux stagiaires de niveaux très différents pour toutes sortes de formation, montrent qu'au-delà même d'un déficit global de raisonnement, des « manques » de nature très diverses compromettent souvent les résultats de leur formation :

– *incapacité d'effectuer certains calculs* souvent faute d'une mémorisation des tables d'addition et de multiplication. L'utilisation systématique de calculettes est une méthode de remédiation plus simple que l'apprentissage des tables. Mais il manquera souvent une certaine capacité à estimer rapidement des ordres de grandeur.

– *difficultés de lecture* ou plus souvent à comprendre des informations complexes dans un texte écrit. On parle alors d'illettrisme par opposition à l'analphabétisme qui concerne des individus qui ne savent pas du tout lire. En réalité certains sujets peuvent savoir lire, mais avoir des difficultés importantes à appréhender une certaine complexité à travers un texte écrit, alors qu'ils les appréhendent de façon convenable au cours de discussions, à travers un enseignement oral ou mieux encore dans un contexte opératoire. Une difficulté de cette nature peut être un handicap important en formation, handicap rarement décelé sauf par épreuve individuelle.

– *difficultés de vocabulaire* : un grand nombre de mots utilisés par les formateurs ne sont pas compris de certains stagiaires ou sont compris de façon « floue ». Le stagiaire sait reconnaître à quel domaine de connaissance appartient un mot (technique, mathématique, etc.), mais il ne peut le définir et ne le distingue pas de mots voisins.

– *absence de certains concepts.* Ces concepts peuvent être de toute nature : certains stagiaires ne savent pas si le soleil se lève au nord, au sud, à l'est ou à l'ouest, ce qui est souvent un symptôme de difficultés de repérage dans l'espace. Beaucoup ne font pas la différence entre le « ET » et le « OU ». On

pourrait multiplier les exemples de ces déficits conceptuels qui entraînent bien entendu des difficultés dans la réalisation de certains savoir-faire.

Assez souvent, on constate des déficits conceptuels dans des domaines relatifs au métier : un électricien ne sait pas lire un schéma électrique parce que la normalisation a changé ; un informaticien ne connaît pas un langage dans lequel sont réalisés des programmes qu'il maintient ; un mécanicien ne sait pas lire un plan complexe, etc. Bien entendu les sujets sont le plus souvent conscients de ces déficits qu'ils tentent de cacher, mais ils risquent d'apparaître en formation ou plus souvent de conduire le stagiaire à un échec car ces connaissances font partie pour l'animateur de ce qui est supposé connu.

– *absence de compréhension en profondeur de certains concepts ou savoir-faire.* Certains concepts peuvent être connus des stagiaires ou certains savoir-faire acquis, mais à un niveau de compréhension insuffisant pour la formation à acquérir. Un magasinier peut se repérer dans une nomenclature d'outillage sans avoir compris le principe même de cette nomenclature arborescente. Un agent appelé à apprendre le système de numération binaire peut savoir utiliser les nombres dans le système décimal sans avoir jamais réfléchi au système de numération décimal.

Ce phénomène est d'autant plus courant qu'avec le temps les savoirs disparaîssent beaucoup plus vite que les savoir-faire exercés régulièrement si bien que beaucoup de stagiaires qui n'ont pas été en formation depuis longtemps ont conservé des savoir-faire mais ont oublié – à moins qu'ils ne les aient jamais appris – les savoirs associés à ces savoir-faire.

• *Difficultés de visualisation logique.* La capacité de « visualisation logique » est la capacité pour un sujet de se représenter, les yeux fermés, un schéma, un plan, un objet complexe, etc. Cette capacité n'est pas également répartie. Certains sujets peuvent se représenter des schémas complexes et réfléchir sur ces représentations ; d'autres ne voient rien lorsqu'on leur demande de se représenter quelque chose de simple. Ils n'ont pas non plus en général la capacité de raisonner efficacement sur une représentation graphique qu'on leur montre. Or l'apprentissage d'opérations logico-mathématiques chez des sujets plutôt concrets passe presque toujours par des représentations graphiques. On notera au passage qu'un sujet concret n'est pas nécessairement un sujet qui ne raisonne que sur des représentations « concrètes », donc graphiques. C'est assez souvent l'inverse.

Une incapacité à visualiser est assez souvent une cause de difficultés en formation : on attend d'un mécanicien non seulement qu'il sache retrouver une pièce sur un plan, mais qu'il puisse comprendre la cinématique d'une machine à partir d'un plan en « imaginant » le mouvement à partir de ce plan... La compréhension d'un graphique financier suppose que l'on puisse « imaginer » ce qu'aurait pu être la courbe par rapport à ce qu'elle est...

• *Autres difficultés.* Il existe bien d'autres sources de difficultés en formation. Par exemple pour reprendre un exemple cité, des difficultés de coordination musculaires peuvent rendre difficiles l'apprentissage d'un sport ou de la conduite de certaines machines. Des difficultés d'expression verbale peuvent compromettre l'apprentissage de la vente de même que certains traits de caractère : introversion très prononcée et difficulté à établir des relations.

Voilà bien des causes d'insuccès d'une formation et l'on doit constater que la plupart des formations n'apportent pas les résultats qu'on en attend. Comme elles sont d'autre part très coûteuses car elles demandent des investissements en temps extrêmement importants, il y a là une difficulté à surmonter et qui demande l'utilisation d'une véritable ingénierie de formation.

12.2.3 Méthodologies et méthodes de formation

Tout projet, y compris un projet de formation, doit être conduit avec une méthodologie appropriée si l'on veut atteindre en temps voulu, et à un coût déterminé, les objectifs que l'on s'est fixé. Il existe de nombreuses méthodologies en gestion de projets. Certaines sont très générales et consistent à permettre de planifier et de suivre l'avancement du projet dans le temps et à travers ses coûts. D'autres méthodologies sont relatives à un domaine de projet : réalisations informatiques (SDM/S par exemple), projet industriel (SADT par exemple). Il en existe peu en matière de formation. Il est cependant possible, à partir de l'exemple de l'une d'entre elles, de montrer les principes auxquelles une telle méthodologie doit répondre. On notera d'ailleurs qu'une telle méthodologie est – ou peut être – à la fois une méthodologie de formation et de documentation tant sont étroits les liens entre ces deux aspects de la mise en paraît du facteur humain.

■ Découpage du projet en grandes phases

Tout projet peut se décomposer en une partie d'études et une partie de réalisation. La part d'études peut se décomposer en grandes phases. On trouvera par exemple :

– étude d'environnement (EE),

– détermination des besoins (DB),

– conception des modules et des filières (CMF),

– spécification détaillée des modules (SDM),

– réalisation des modules (RM),

– test des modules (TM),

– sélection et formation des formateurs et animateurs (SFF),

– organisation de la logistique de formation et mise en place (OL),

– validation de la formation et/ou mise en place (VFM).

Un des avantages d'une méthode est d'organiser les rapports entre ceux qui réalisent un projet et ceux pour qui est réalisé le projet :

– un maître d'œuvre : équipe de projet chargée de concevoir et souvent de mettre en oeuvre la formation,

– un maître d'ouvrage ou service utilisateur.

Le découpage en phases permet de créer des points de contrôle obligatoires à l'issue de chaque phase. Comme il s'agit de personnel, il est nécessaire de le tenir informé de ce qui se prépare et plus particulièrement de tenir informé ses représentants. Cette préoccupation se traduit par un plan de communication intégré à chacune des phases du plan de formation, documentation et/ou mise en place.

■ Utilisation de pédagogies par objectif

Il est évident que tout projet implique des objectifs : il en résulte que tout projet pédagogique doit nécessairement commencer par analyser des objectifs de formation. La notion de pédagogie par objectifs (PPO) est cependant plus que cela. Comme l'a montré L. Allal :

« À partir des écrits sur la pédagogie par objectifs, on peut dégager quatre principes qui caractérisent la conception habituelle de cette optique pédagogique, à savoir :

a) Tous les objectifs d'un programme de formation sont établis avant le démarrage des activités de formation (principe de l'exhaustivité professionnels).

b) Les objectifs peuvent être énoncés à plusieurs niveaux de généralité ou de spécificité, mais ils doivent tendre vers une énonciation en termes de comportements observables de l'apprenant (principe de l'opérationalisation comportementale).

c) La définition des objectifs doit permettre au formateur d'accroître la cohérence entre ses choix de moyens d'enseignement et d'animation et ses procédés d'évaluation (principe de rationalité didactique).

d) La communication des objectifs aux personnes en formation doit aider celles-ci à mieux orienter leurs efforts d'étude et à améliorer leurs chances de réussite (principe de l'efficacité de l'apprentissage). »

L'analyse systématique des « compétences » en termes de savoir-faire, savoir-être ou savoirs associés est un aspect important de ces méthodes.

■ Utilisation de pédagogies cognitives

Les définitions d'objectifs en termes comportementaux, compétences et objectifs opérationnels ne sont pas suffisantes. On peut prendre soin de définir les pré-requis nécessaires mais il arrive assez souvent, comme on l'a vu dans l'analyse des causes d'échec en formation, que les pré-requis ne soient pas en place. Il existe un certain nombre de méthodes de pré-formation qui permettent de mettre en place les concepts, les modes de raisonnement, les vocabulaires et, plus généralement, les comportements cognitifs nécessaires pour que la population à former suive avec succès la formation prévue.

Ces méthodes, conçues pour partie à partir des principes de l'école de Genève, autour du psychologue Jean Piaget, ont des modalités différentes selon qu'elles ont été conçues pour des adolescents en difficulté (PEI : programme d'enrichissement instrumental) – ou des adultes (méthode Tanagra ou ateliers de raisonnement logique). Elle se traduisent toutes par une pré-formation, formation donnée en quelques dizaines d'heures avant la formation opérationnelle ou dans ses débuts. De grandes entreprises industrielles les utilisent systématiquement : la méthode Tanagra par exemple est utilisée systématiquement aux Établissements Legrand ou à la SEITA ou encore dans des établissements de Renault, des usines de Pechiney, etc.

On pourrait ajouter aux méthodes utilisées par ces méthodologies de formation et mise en place le recours à des méthodes d'ingénierie documentaire facilitant la prise en charge des documentations nécessaires par le personnel à former.

12.3 Documentations pour la production/exploitation et la maintenance

12.3.1 Objectifs des documentations

■ Aide à l'exécution de procédures

Il s'agit des procédures de production, maintenance préventive, conduite en cas d'incidents, contrôles de qualité, diagnostic ou maintenance préventive, rédaction de documents, etc., y compris les aspects de sécurité : consignations, déconsignations. Cette aide peut prendre les formes suivantes :

• *Check-list* pour l'exécution d'une procédure (y compris la fonction aide-mémoire pour la mémorisation de valeurs significatives, codes à utiliser, etc.). Une procédure est une suite d'actions à effectuer dans un certain ordre avec éventuellement des variantes en fonction de paramètres et, pour une partie des actions, une vérification que cette action s'est réalisée conformément à la procédure ou a entraîné les résultats attendus. L'exécution d'une procédure présente les risques suivants :

– oubli d'une action,

– réalisation d'une action avant ou après sa place normale,

– mauvaise exécution ou non-exécution d'une action non décelée par l'opérateur,

– erreur dans le choix d'un paramètre (oubli, omission),

– incident dû à l'équipement ou à son environnement non décelé par l'opérateur,

– mauvaise interprétation par l'opérateur d'une donnée venant de l'équipement et à laquelle est liée une action conditionnelle.

Pour éviter que de tels risques ne se réalisent, la technique de la *check-list* est la plus communément utilisée chaque fois que les conséquences d'une erreur peuvent être catastrophiques. La *check-list* du pilote d'un avion en est le modèle le plus connu. On notera qu'une telle *check-list* peut se limiter à une suite de mots accompagnés d'un minimum de commentaires et se présente donc très différemment d'une documentation traditionnelle.

• Aide à l'enregistrement des résultats d'une procédure (du type fiche de recueil de résultats d'inspection avec schémas des points de recueil, cases à cocher, etc.). Ce type de fiche est apparu tout d'abord dans l'aéronautique bien que plus tardivement que les *check-lists*. En effet pour des raisons de sécurité, l'aéronautique fait appel à une maintenance conditionnelle qui entraîne l'obligation d'effectuer de nombreuses inspections. Chaque inspection doit se traduire par un résultat positif ou négatif (ou parfois une valeur) enregistré sur un document signé par celui qui a procédé à l'inspection. La même fiche est cosignée par un deuxième vérificateur. Afin de faciliter ces contrôles, les avionneurs ont pris l'habitude de préparer des fiches illustrées de dessins ou plans précisant à quel emplacement doit être effectué chaque contrôle. On retrouve parfois des fiches semblables dans l'industrie dans le but de faciliter pour les opérateurs les tâches d'inspections qui leur sont dévolues dans le cadre de l'automaintenance.

• Aide à l'exécution d'une procédure mal connue. Lorsqu'un opérateur n'a pas l'habitude d'une procédure soit parce qu'il la pratique pour les premières fois, soit qu'il s'agit d'une procédure exceptionnelle, il est bon qu'il dispose d'une documentation lui rappelant les différentes opérations à effectuer avec leur ordre et les paramètres significatifs. Ce besoin n'est pas très différent de celui d'une *check-list* sinon que le document doit être plus détaillé qu'une simple liste de mots, mais doit rester facile à manipuler sur le terrain et donc se limiter si possible à une feuille recto-verso.

• Auto-apprentissage d'une procédure. Le besoin de polyvalence des opérateurs dans les ateliers ne peut être toujours satisfait par l'organisation de formations relatives à chaque équipement. D'autre part les opérateurs de grands procédés automatisés disposent souvent de temps libre, par exemple la nuit, lorsqu'ils surveillent un procédé à partir d'un poste de supervision. Entre deux interventions pour changer une production, modifier des paramètres, remédier à un incident, leur rôle de surveillance leur laisse parfois le temps d'étudier. On peut alors penser à leur donner les moyens d'étendre leur connaissance à de nouveaux équipements ou à de nouvelles procédures. Dans le cadre d'une formation sur le tas, il peut être utile de doubler la formation par compagnonnage d'un accès à des moyens d'auto-apprentissage permettant de faciliter la mémorisation des procédures et de prendre connaissance des procédures les plus rares (interventions en cas d'incidents).

• Résolution de problèmes rencontrés en cours d'exécution d'une procédure. Il peut arriver qu'en cours d'exécution d'une procédure, un opérateur se trouve dans une situation de résolution de problèmes. Ce sera particulièrement le cas lors des opérations de maintenance corrective ou lors d'incident. Le rôle de la documentation technique est de l'aider à trouver une solution à ce problème. Beaucoup de types de documentation technique peuvent être utiles en de telles circonstances : plans, schémas, manuels de référence (voir *infra*), documentation de maintenance, etc. Une enquête effectuée au sein de la Régie Renault a montré qu'un agent de maintenance pouvait consulter jusqu'à 22 documents pour une seule intervention sur un équipement (Champaloux *et al.*, 1993). La difficulté est que l'opérateur doit trouver le plus souvent une réponse rapide aux problèmes qu'il se pose et qu'il faut organiser des documentations permettant d'arriver rapidement à trouver cette réponse : système expert d'aide au diagnostic de pannes, manuels de dépannages, arbre de défaillance, diagrammes causes-effets, etc.

Dans cette analyse rapide des objectifs d'une documentation, on aurait pu distinguer des documents de maintenance et des documents d'exploitation. Il nous paraît cependant que cette distinction traditionnelle n'est plus fondée maintenant que des tâches de maintenance sont réparties entre les services de production et de maintenance ou même que les agents de maintenance sont intégrés à la production. Tout au plus est-il judicieux de distinguer les niveaux de maintenance auxquels peuvent accéder les opérateurs. Ainsi certains systèmes experts d'aide au dépannage permettent de n'effectuer de tests ou de réparations que dans des limites définies pour chaque opérateur, par exemple niveau 3 de la norme NF X 60-010 (Champaloux *et al.*, 1993).

• Support d'aide à l'enseignement d'une procédure. Lorsqu'on enseigne à un opérateur, ou à un groupe d'opérateurs, une procédure, il faut disposer d'un document récapitulant les différentes actions à effectuer et qui puisse servir à

l'instructeur ou au tuteur pour expliquer chaque action, son objectif, la façon de vérifier son bon déroulement. Il est préférable que ce support puisse être utilisé ensuite par les opérateurs soit pour effectuer la procédure, soit pour se la remémorer.

• Test de connaissance d'une procédure. Lorsque l'on met en place un système de « permis de conduire » pour une machine, il est indispensable de s'assurer que l'opérateur, que l'on veut habiliter à effectuer une procédure, a une connaissance complète des procédures, aussi bien des procédures les plus courantes que des procédures exceptionnelles, par exemple en cas d'incident. Outre la constatation sur le terrain par un agent de maîtrise ou un tuteur que l'opérateur est capable d'effectuer les procédures les plus courantes, il est bon de s'assurer qu'il connaît les autres.

• Support d'entraînement à l'exécution des procédures (simulateur par exemple). Une façon efficace d'apprendre à exécuter une procédure est de l'exécuter, mais il peut être plus économique et/ou moins dangereux d'effectuer cette procédure avec un dispositif didactique permettant de la simuler. C'est même parfois la seule solution pour les procédures exceptionnelles en cas d'incident ou d'accident. On peut penser à un simulateur informatique ou analogique comme cela commence à se pratiquer dans l'industrie ou à n'importe quel système de simulation sur papier ou ordinateur reconstituant de façon plus ou moins simplifiée les réactions de l'équipement aux actions de l'opérateur.

• Communication sur les procédures (améliorations, problèmes rencontrés, etc.). On peut distinguer les documentations à caractère actif des documentations à caractère passif. Une documentation passive est une documentation que l'on consulte seulement et qui a été établie par quelqu'un d'autre. Une documentation active est une documentation que le ou les opérateurs établissent eux-mêmes et/ou mettent à jour. Une documentation active a, en outre de sa fonction première, un objectif de communication entre opérateurs, entre opérateurs et agents de maintenance ou de méthodes ou encadrement ou direction technique (nouvelles installations) ou spécialistes qualité etc. C'est une façon de capitaliser l'expérience de tous.

■ Aide à la connaissance de l'installation, des techniques mises en paraît, des produits, de l'environnement amont et aval

• Manuel de référence (réponse à des questions). Le « manuel de référence » est un concept particulièrement développé en informatique pour le description de progiciel. C'est le plus souvent une représentation « littéraire » de l'analyse d'un ou plusieurs programmes en décrivant systématiquement les effets d'une opération de l'opérateur ou du programme, les formats des fichiers, des écrans et des états. L'expérience commune montre qu'ils ne sont utilisables qu'à plusieurs conditions :

– que l'opérateur ait déjà une bonne connaissance du logiciel, du vocabulaire de l'application, de ses fonctionnalités et de son économie générale,

– qu'il recherche une information précise sur un point particulier,

– qu'il dispose de temps à cet effet et ne soit donc pas dans une situation d'urgence.

On pourrait considérer que le manuel de référence est plus une forme de support qu'un objectif de documentation. On constate d'ailleurs de plus en plus

qu'en informatique de gestion, les entreprises spécialisées dans la réalisation de documentations pour utilisateurs ont renoncé à réaliser des manuels de référence mais, à partir de ces documents lorsqu'ils ont été réalisés ou d'autres documents d'analyse réalisés par les informaticiens, elles constituent des systèmes de fiches de procédures voisines des types précédemment décrits.

Le besoin de trouver dans un document des réponses à des questions précises à travers une description systématique d'un équipement peut cependant être pris en considération, mais les plans, schémas électriques, Grafcet, etc. constituent pour un technicien une réponse plus appropriée à un tel besoin qu'un manuel de référence. Ce n'est que pour des programmes informatiques (supervision, GPAO, etc.) que l'utilisation de manuels de référence s'impose.

• Auto-apprentissage. On a vu le besoin d'auto-apprentissage de procédures et les possibilités offertes à certains opérateurs de développer leurs connaissances pendant les temps de travail. Il est cependant évident que si une formation sur le tas permet d'apprendre les procédures les plus courantes, quelques éléments de connaissance des machines et une part du vocabulaire, une connaissance plus systématique des équipements et des procédures est difficile à réaliser par un simple compagnonnage. Il faut alors compléter la formation sur le tas par un auto-apprentissage plus systématique, mais difficile à réaliser avec une population d'opérateurs lorsque ceux-ci n'ont plus ou n'ont jamais eu l'habitude d'apprendre seul à travers une documentation.

• Test de connaissances. On a vu l'intérêt de tester les connaissances des procédures par un opérateur par exemple dans le cadre de mise en place de « permis de conduire ». Mais si la connaissance des procédures demande toujours une vérification de la pratique de ces procédures sur le terrain par un agent de maîtrise, formateur ou tuteur, il est nécessaire de vérifier que cet opérateur possède en plus des « savoir-faire », les « savoirs » indispensables : vocabulaire, connaissance des machines, connaissances des normes de sécurité, connaissance des produits et de leurs défauts éventuels, nomenclatures des ingrédients, etc. Il n'est pas question de faire passer un examen écrit sur ces sujets, sauf dans le cas de formations de groupe. Les contrôles par entretiens peuvent être efficaces, mais sont psychologiquement difficiles et rappellent également trop les examens de l'école. D'autres méthodes d'autocontrôle par exemple sur ordinateur peuvent être utiles en ce domaine.

• Support d'aide à l'enseignement. Chaque fois que l'on organise une formation de groupe, il est nécessaire d'utiliser des supports de formation : transparents, schémas, etc. En effet, il est le plus souvent utile que de telles formations ne soient pas réalisées exclusivement sur le tas mais soient précédées et/ou suivies de formations en salle afin d'expliquer les concepts fondamentaux mieux qu'on ne peut le faire sur le terrain. Afin de faciliter la mémorisation de ces « cours », il est bon que les stagiaires disposent de supports. Dans le cas de formations réalisées à l'extérieur de l'entreprise, les entreprises de formation ont tendance à remettre aux stagiaires une masse de documents à partir desquels on juge trop souvent du « sérieux » de la formation donnée. Ces documents sont appréciés des stagiaires même si, le plus souvent, ils ne les relisent jamais. Le rendement pédagogique des cours écrits apparaît extrêmement faible, particulièrement avec des agents de

production de faible niveau. Il est donc préférable d'utiliser pour la formation « en salle » les mêmes documents que ceux qu'ils trouveront dans leurs dossiers et de leur apprendre en même temps à les consulter, les comprendre et les utiliser ensuite sur le terrain. Lorsque la documentation des opérateurs est réalisée avec un système bureautique, il est facile de réaliser des transparents ou diapositives à partir de cette documentation.

• Communication sur les mêmes sujets. Il n'y a pas de différence entre les documentations sur les procédures et les documentations sur les équipements sous ce point de vue. On introduira ainsi dans la documentation les résultats de travaux de groupe sur la fiabilisation des machines, les programmes de maintenance préventive, les outils de diagnostic, les arbres de défaillance, AMDEC, etc.

La documentation devient ainsi un facteur de motivation d'autant plus qu'il est possible d'introduire dans la documentation les noms, voire même les photos, d'opérateurs qui ont mis au point une nouvelle procédure, un nouveau réglage, une astuce technique, etc. Donner le nom d'un individu à une procédure est un signe de reconnaissance qui, psychologiquement, peut être gratifiant à condition que ses pairs reconnaissent la qualité de son apport.

■ Objectifs seconds d'une mise en place ou d'une amélioration de documentation

Les objectifs immédiats des documentations que nous venons d'analyser n'excluent pas que l'entreprise poursuive, en mettant en place ces documentations, des objectifs seconds :

– normaliser les procédures pour améliorer l'exploitation (qualité, productivité, sécurité, etc.),

– normaliser les procédures dans le cadre d'une certification ISO 9002,

– assurer la polyvalence des opérateurs,

– mettre en place l'automaintenance,

– améliorer le niveau des opérateurs de production (productivité, réactivité en cas d'incidents, participation à l'amélioration du procédé, etc.),

– préparer la mise en place des futures installations par une meilleure connaissance de celles qui existent.

12.3.2 Supports d'une documentation des opérateurs

On peut passer en revue les différents types de supports utilisés et utilisables.

• Papier sous forme de classeurs et de fiches. Ces fiches seront le plus souvent réalisées sur ordinateur, mais elles restent imprimées sur papier ou carton et mises à la disposition des opérateurs dans des classeurs à reliures souples avec le plus souvent une couverture plastique pour chaque fiche. Elles restent ainsi faciles à utiliser sur le poste de travail lui-même. Elles peuvent être emmenées lors d'une intervention sur la machine et ne craignent pas trop le cambouis. La formule « fiches » permet de retrouver facilement l'information désirée, gamme par exemple, à partir d'une table des matières. L'information reste limitée à un recto-verso. Les mises à jour sont facilitées en ce domaine ; il est possible de bénéficier de l'expérience des sociétés de service spécialisées

dans la réalisation de documentations-utilisateurs de logiciels et progiciels. Une certaine doctrine a vu le jour, à partir notamment de réalisation de la société SLIGOS qui avait créé, il y a quelques années, une équipe spécialisée en ce domaine. Les principales règles qui semblent se dégager sont :

– chaque fiche doit répondre à une question précise ;

– la liste des questions et le renvoi aux fiches correspondantes doivent se trouver en tête du classeur de façon à permettre un accès à la réponse en moins d'une minute ;

– chaque fiche doit indiquer, si possible sur une seule page, la séquence des actions à effectuer pour répondre à la majorité des cas ;

– les anomalies, cas exceptionnels, difficultés ne doivent pas être traitées sur la fiche principale, mais signalées en marge pour être explicitées au revers de la fiche ou sur une fiche complémentaire ;

– on doit limiter les renvois de fiche en fiche à un ou deux niveaux exceptionnellement (il vaut mieux multiplier les questions et les fiches) ;

– un opérateur ne doit disposer que des fiches dont il a besoin et d'une liste des questions personnalisées ;

– les significations de rubriques ou les codes disponibles doivent être fournies par le système HELP du logiciel.

L'utilisation de postes de travail bureautique permet d'insérer plus ou moins facilement sur de tels documents des photographies, schémas, plans, etc.

• Papier sous forme d'affiches, étiquettes, etc. L'« habillage » d'une machine avec des affiches, affichettes, badges, repères, etc. permet de rappeler les éléments importants à l'opérateur au moment même où il procède aux opérations. C'est ce qui est pratiqué par exemple sur beaucoup de photocopieuses. On est à la frontière de la documentation et de l'ergonomie.

Là encore des postes de travail bureautiques permettent de réaliser plus ou moins facilement ce qui était réservé naguère à des matériels produits en grand nombre.

• Papier sous forme de documents (livres, manuels, etc.). C'est la documentation la plus classique et la moins utilisée par des opérateurs, sauf éventuellement sous forme de manuel de référence.

• Informatique : documentation sur ordinateurs. La documentation sur ordinateur est une documentation consultée à partir d'un écran d'ordinateur qu'elle soit sur vidéodisque, disquette ou disque dur. Elle présente quelques avantages et quelques inconvénients. Elle est facile à mettre à jour et peut l'être de façon centralisée lorsque l'on doit entretenir une documentation concernant de nombreux exemplaires d'une même machine. Elle peut être très volumineuse et l'on peut développer des méthodes rapides de consultation pour retrouver rapidement une information. Par ailleurs, les micro-ordinateurs ou terminaux ont souvent des écrans de faible dimension, donc difficiles à consulter pour des plans, schémas, etc. Il est souvent difficile de mettre en place une telle documentation à portée immédiate d'un opérateur intervenant sur une machine, sauf lorsque l'intervention se situe dans une salle de supervision. Il est cependant difficile de consulter en même temps plusieurs écrans d'ordinateurs lorsqu'ils ne sont pas implantés dans ce but.

Ce type de documentation, qui demande une maîtrise certaine de l'ordinateur, est donc plutôt réservée à des documentations très volumineuses et très techniques, particulièrement des documentations servant à la maintenance : schématique électrique, plans, etc. La possibilité d'imprimer des éléments de cette documentation est importante, mais il faut prendre garde que ne se constituent alors progressivement des documentations individuelles qui ne sont pas mises à jour systématiquement et peuvent être une cause d'erreurs. Ainsi sur un sous-marin atomique supprime-t-on toutes les photocopies de documentation au retour de chaque croisière.

Pour remédier à la difficulté de consultation sur le terrain de documentations informatisées, des développements techniques ont été réalisés, par exemple dans l'aéronautique au sol, des casques avec mini-clavier, récepteur de télévision et œilleton rabattable pour consulter la documentation appelée (Gabriel *et al.*, 1987). De tels dispositifs restent chers mais le déplacement de micro-ordinateurs portables commence à se pratiquer pour la maintenance, ne serait-ce que par ce qu'ils sont nécessaires pour la re-programmation d'automates.

• Informatique : fonction HELP d'un superviseur, d'un automate ou plus généralement d'une application ainsi que les « visites guidées » (GPAO, GMAO, gestion d'atelier, etc.).

• EAO (enseignement assisté par ordinateur) ou plus récemment *e-learning* et nouvelles technologies de la formation. L'EAO a perdu une partie des espoirs qu'on avait mis en lui de façon un peu simpliste avec des auto-formations. L'e-learning sur le Net n'a pas réussi la percée que ses promoteurs espéraient. Et cependant, petit à petit, on apprend à maîtriser ce nouvel outil de formation. Deux types d'applications se dessinent :

– des formations très spécialisées à des progiciels, processus industriels, etc. qui, à l'aide d'une animation soignée, permettent avec des séquences brèves de réaliser des sensibilisations efficaces ;

– des formations de plus longue durée, par exemple la formation aux Diplômes universitaires d'approfondissement professionnel (DUAP) en gestion de la logistique et management de la *supply chain* réalisée par l'auteur pour l'Université Henri Poincaré Nancy 1, où le rôle du tuteur est considérable pour centrer sur l'entreprise une formation universitaire qui devient un outil de transformation en profondeur pour mettre en place les procédures et les façons de raisonner transverses de la *supply chain*.

• Simulateurs. La simulation est certainement une excellente méthode de formation, d'entraînement et même de recherche de solutions à des problèmes. Elle présente l'inconvénient d'être très chère à réaliser et est réservée à des systèmes de grande valeur pour lesquels on doit atteindre un très haut niveau de sécurité dans des circonstances difficiles à reproduire autrement que sur simulateur : nucléaire, aéronautique, spatial, etc. Deux aspects différents se retrouvent dans un simulateur, aspects dont les coûts peuvent être très différents :

– la simulation de la logique du système,

– le réalisme de l'environnement de la simulation.

Le coût très élevé des simulateurs de l'aéronautique tient pour une grande part à la nécessité de reproduire l'environnement avec réalisme de façon à remplacer complètement, pour la formation, le système simulé. Dans le domaine

industriel, ce réalisme est moins nécessaire pour la formation qui s'intéresse essentiellement à la connaissance des procédures et à la logique des raisonnements. L'utilisation de progiciels sophistiqués pour la programmation des API ou des superviseurs devrait permettre de réaliser facilement des simulateurs. Une simulation de l'équipement est alors connectée aux entrées-sorties d'un API par exemple et permet de simuler toutes les interventions avec l'aide d'un moniteur qui modifie éventuellement des paramètres pour simuler des incidents ou des configurations de production particulières. Cette technique commence à se mettre en place dans l'industrie automobile et devrait devenir un outil fondamental de formation et d'entraînement. On note, lors des premières expériences de mise en place de nouvelles lignes de production avec de tels outils, que le ou les formateurs assurent d'abord la formation collective théorique et pratique avant de faire passer chaque stagiaire au simulateur.

• Systèmes experts d'aide au diagnostic. On a mis beaucoup d'espoir, il y a quelques années, dans les systèmes experts d'aide au diagnostic de pannes. L'idée était que de tels systèmes allaient permettre à de non-experts, et particulièrement des opérateurs, de faire des diagnostics et d'intervenir en réutilisant les bases de connaissances acquises auprès des experts. Les réalisations dans l'industrie sont finalement peu nombreuses et peu utilisées. Il n'est pas question de traiter complètement ici le problème complexe des difficultés rencontrées avec les systèmes experts d'aide au diagnostic pour lesquels il existe une bibliographie importante. Le coût des analyses nécessaires à leur constitution est certainement une cause de la relative désaffection à leur égard. La rareté des experts en maintenance sur les différents types de matériel et, plus encore, la rareté d'experts capables de formaliser leur démarche de diagnostic en est une autre. Une autre difficulté est l'incapacité de beaucoup d'opérateurs à utiliser de tels systèmes et particulièrement à se couler sur le terrain dans la logique de la démarche du système expert.

• Documentations informelles : petits carnets, repères, savoir-faire, etc.

12.3.3 Exemple d'une documentation pour opérateurs

Le progiciel DOCOP™ (documentation des opérateurs) est un exemple récent de progiciel de bureautique qui permet de réaliser simplement :

– des descriptions techniques de machine à partir de photos, plans, schémas avec mention du vocabulaire et un minimum de textes d'explications en format A3 ou A4 en couleurs ;

– des gammes de production, changement de formats, maintenance de premier niveau en format A3 ou A4 en couleurs ; ces gammes comportent essentiellement des pictogrammes, des schémas, des photos et un minimum de texte selon une disposition standard ;

– des descriptions de conduite à tenir en cas d'incidents sous forme de schémas, arbres, tables avec éventuellement des illustrations (photos ou schémas) ;

– des descriptions de produits et de défauts à partir de photos et schémas avec le vocabulaire correspondant ;

– des descriptions d'outils, etc.

Tous ces documents en couleur peuvent être affichés près des équipements s'ils sont en A3 ou conservés sous plastique dans des classeurs souples s'ils sont en A4. Il est bien entendu possible de consulter ces documents sur le micro-ordinateur, mais l'idée générale est beaucoup plus de fournir une documentation sur papier aisément manipulable par l'agent en cours d'intervention sur le site.

Ce progiciel facilite la réalisation de ces documents : n'importe quel technicien maîtrisant des progiciels classiques de bureautique sous Windows (Power Point, Word, etc.) peut réaliser une telle documentation en très peu de temps. Un scanner est nécessaire pour introduire des photos mais les traitements de ces photos : réductions, agrandissements, découpage, superposition de numéros, zones, libellés, etc. sont très faciles à réaliser.

Les documents produits peuvent être intégrés dans un plan de documentation d'assurance qualité : on a en effet la possibilité d'imprimer avec chaque feuille un cartouche standard faisant référence au plan de documentation.

Un tel progiciel permet également de gérer les compétences techniques des agents. Chacun des postes de travail est identifié en notant que pour une même gamme, de démarrage par exemple, il peut y avoir plusieurs fonctions demandant des niveaux de compétence différents.

Les habilitations de chaque agent (ou « permis de conduire ») sont enregistrées dans le système avec un double contrôle :

– un « tuteur » (au sens large : chef d'équipe, opérateur désigné pour former les autres sur un poste, technicien méthode, formateur de l'entreprise, agent de maintenance pour une fonction de maintenance de premier niveau, etc.) encadre normalement l'apprentissage sur le tas et certifie ensuite en ordinateur que tel opérateur est désormais capable de remplir telle fonction ;

– un programme de test permet en outre de vérifier que l'opérateur connaît les appellations usuelles des sous-ensembles, des produits, des outils, des défauts, qu'il connaît l'ordre d'enchaînement des opérations dans une gamme, qu'il connaît le détail de ces opérations ; tout cela se fait à travers un programme de test par fonction où l'opérateur testé n'a rien à écrire, mais seulement à effectuer des choix avec la souris. Une note lui est attribuée en fin de test.

Cette habilitation peut être attribuée pour une durée illimitée, par exemple si l'opérateur doit exercer cet emploi en permanence ; elle peut être attribuée pour quelques mois seulement si l'opérateur n'est pas appelé à exercer régulièrement une telle compétence acquise pour accroître la polyvalence au sein de l'entreprise ; un rappel de formation peut alors être prescrit à l'expiration du délai de validité de l'habilitation.

Bibliographie

CHAMPALOUX D., CHASAREIX L., FRACHET J.-P., GETAN E., KŒCHLIN J.-B., LOUNI F., PIMOR Y., SORIANO T., Projet GAMA : Génie automatique pour la maintenance, Projet réalisé avec le concours du ministère de la Recherche et de la Technologie n° 90, P 0944, Paris, avril 1993.

GABRIEL M. et PIMOR Y., *Maintenance assistée par ordinateur*, 2e édition, Masson, Paris, 1987.

MALGLAIVE G., *Enseigner à des adultes,* PUF, Paris, 1990.

MAURINO M., *La gestion des données techniques*, Masson, Paris, 1983.

NICOLET J.-L., CELIER J., *La fiabilité humaine dans l'entreprise*, Masson, Paris, 1984.

Afnor, Norme X 50-435, Management des systèmes, Gestion documentaire, Concepts généraux, Paris, 1995.

DoD (Department of Defense of the United States of America), Military Training Standards MIL STD 1379 D, Washington, 5 décembre 1990.

13 • GESTION DES PIÈCES DE RECHANGE

13.1 Qui gère des stocks de pièces de rechange ?

13.1.1 Principes

On a vu au chapitre 11 que les services, et particulièrement les services après vente, devenaient un élément clef du *marketing mix*. Or les pièces de rechange sont elles-mêmes un facteur clef du SAV. Dans l'industrie automobile, on connaît un certain nombre de cas d'échecs d'implantation dans de nouveaux pays à la suite de difficultés dans la logistique des pièces de rechange. La mise en place d'un réseau de distribution de pièces de rechanges est donc un aspect important de la logistique de soutien. Le tableau 13.1 donne quelques exemples de telles logistiques que nous examinerons plus en détail.

Tableau 13.1 – Exemples de la logistique de réseaux de pièces de rechange

Stockeurs de pièces de rechange	Équipements industriels	Aéronautique	Informatique	Automobile
Fabricants	Ensembliers particulièrement pour les pièces spécifiques	Avionneur Motoriste Équipementier	SAV Constructeurs	Constructeur Réseau des agences
Utilisateurs	Industriels	Compagnies d'aviation ou filiales spécialisées inter-compagnies		Gestionnaires de parcs
Maintenance 3e partie		Sociétés de maintenance aéronautique	Sociétés de maintenance de tierce partie	
Vendeurs de pièces	Fabricants et vendeurs de roulements, moteurs, etc.	Brokers	Brokers OEM	Agences Grande distribution Stations service

13.1.2 Maintenance des automobiles

D'après une étude du cabinet McKinsey, « plus de 39 % des bénéfices bruts des constructeurs automobiles proviennent de la vente de pièces détachées contre seulement 18 % pour la fabrication de véhicules neufs[1] ».

Le marché de la réparation automobile est un des marchés de la maintenance les plus importants.

L'entretien et la réparation de véhicules automobiles pèsent en 2006 21,5 milliards d'euros alors que les ventes de véhicules neufs ont représenté 88 milliards d'euros (source : Insee). Le marché de la réparation est depuis quelques années assez morose ce qui est du en particulier à la baisse des accidents de la route. Par ailleurs, les véhicules modernes sont réputés être moins en panne et sont donc moins sujets à réparation mais les interventions sont plus coûteuses et nécessitent des appareillages plus sophistiqués également. La part consacrée à l'entretien, la réparation et l'achat de pièces détachées et accessoires continue d'augmenter ces dernières années pour atteindre 37 % des dépenses des ménages consacrées à l'automobile en 2006 alors que l'âge moyen du parc automobile français était de 8,1 ans au 1er janvier 2007.

Pourtant, les volumes consommés sont en diminution constante, du fait notamment de la diminution du nombre d'accidents. Mais dans le même temps, les coûts de réparation augmentent fortement : depuis 1998, les prix de l'entretien et de la réparation des véhicules (hors achats de pièces détachées et accessoires) ont augmenté d'environ 35 %, soit presque 2,5 fois plus que l'inflation. Par ailleurs, si la réglementation européenne adoptée en 2002 vise à affermir la concurrence dans le secteur de l'après-vente, elle n'a pas empêché le déclin des réparateurs indépendants. La dépendance des consommateurs à l'égard des réseaux des constructeurs s'est en effet renforcée. D'une part, les réparations concernant les technologies « captives », comme l'électronique embarquée, requièrent des outils spécifiques à un modèle de véhicule donné. Les garagistes indépendants « multimarques » n'ont donc pas forcément les moyens financiers de s'en équiper. D'autre part, les concessionnaires parviennent à fidéliser leurs clients en leur proposant des services supplémentaires (offres de financement associées à une prolongation de garantie, contrats de location longue durée…). Quant aux pièces détachées et accessoires, leur prix est reparti à la hausse fin 2001, après plusieurs années de stabilité (source : Insee).

Plusieurs autres facteurs concourent à transformer ce marché :

– Le nombre des pièces automobiles a beaucoup augmenté depuis quelques années (plus de 60 % d'augmentation du nombre des pièces en moins de dix ans).

– En réaction à ce phénomène les constructeurs automobiles commencent à rechercher une certaine standardisation des pièces et particulièrement des pièces de rechange. Ainsi en 1995, PSA, Peugeot Citroën, Renault et la Fédération des industries et des équipements pour véhicules ont signé une charte

1. *Le Figaro Économie*, 31 août 2004.

de standardisation. Il faudra cependant plusieurs années pour que ce mouvement produise des effets.

– Il existe un développement du secteur concurrentiel dans la fabrication des pièces de rechange par opposition aux « pièces captives », propriété des constructeurs de véhicules. La frontière juridique entre pièces captives et pièces concurrentielles risque d'évoluer dans les prochaines années avec l'apparition d'une concurrence sauvage et de nouvelles réglementations européennes.

Le règlement 1400/2002 du 1er octobre 2002, Règlement d'Exemption par Catégories, qui doit être définitivement en place pour 2010, constitue le nouveau cadre juridique de fonctionnement pour la distribution de pièces de rechange automobile et les contrats de service. Il rompt le lien entre la vente de nouveaux véhicules et le service après vente. Désormais un concessionnaire ne sera plus dans l'obligation d'assurer l'ensemble des métiers du commerce automobile. Ils peuvent soit assurer directement le service après vente, soit le sous traiter à des réparateurs agréés auxquels les clients peuvent facilement accéder.

La nouvelle réglementation donne ainsi les moyens aux équipementiers et aux réparateurs indépendants de changer la donne. Sur le plan des principes, la faculté de sous-traitance de l'entretien et de la réparation qui est ouverte aux distributeurs automobiles constitue un changement majeur. Jusqu'à présent l'on considérait que l'entretien et la réparation constituent des obligations qualitatives étroitement liées à la vente d'un produit. Le nouveau règlement impose une modification en profondeur des règles du jeu en matière d'après-vente en agissant dans trois domaines :

– L'accès au statut de réparateur agréé d'une marque est désormais ouvert à tous ;

– La définition de la pièce de rechange d'origine englobe désormais les pièces des équipementiers, charge au constructeur de prouver le contraire ;

– Enfin, les obligations en termes d'accès à l'information technique sont renforcées, les constructeurs ne pouvant légitimement s'y soustraire que dans des cas très restreints.

Par ailleurs, la Commission européenne a adopté, le 14 septembre 2004, une proposition de libéralisation du marché des pièces détachées « visibles » (pièces de carrosserie, phares, vitrage). Cette proposition vise à harmoniser l'application de la directive de 1998 sur les dessins et modèles en généralisant la « clause de réparation » qui autorise l'utilisation de pièces contrefaites pour la réparation. D'ores et déjà, neuf Etats membres appliquent cette clause sans condition (Belgique, Irlande, Italie, Luxembourg, Pays-Bas, Espagne, Royaume-Uni, Hongrie et Lettonie), la Grèce, pour sa part, accordant aux constructeurs automobiles une protection d'une durée de cinq ans et des royalties. La France et l'Allemagne, qui défendent le monopole de leurs constructeurs respectifs, sont donc les cibles privilégiées de cette volonté d'harmonisation. Les enjeux économiques sont importants : le marché européen des pièces « visibles » représente, selon les estimations de la Commission, un quart du marché total de la pièce de rechange, soit entre 9 et 11 milliards d'euros, à raison de 7,5 milliards pour les éléments de carrosserie, 1,2 milliard pour les optiques, et un peu plus d'un milliard pour le vitrage. Aujourd'hui, les constructeurs détiendraient 85 % de ce marché. La suppres-

sion de ce quasi-monopole européen pourrait permettre une réduction du prix des pièces visibles de 6 à 10 %. Cette baisse profiterait principalement aux assureurs, qui militent naturellement pour la libéralisation.

Ce marché est estimé à une dizaine de milliards d'euros. En France un phare est protégé actuellement contre la copie pendant 50 ans, ce qui n'est pas le cas en Grande-Bretagne. Dans les pays où le monopole existe encore, « le prix moyen des pièces de rechange est de 9,8 % plus élevé » ; or cette différence n'aurait pas lieu d'être car, selon ECAR[1], les constructeurs importent déjà « 25 à 30 % de leurs pièces détachées » de pays où les coûts de fabrication sont bas.

– Les consommateurs désirent disposer de centres de réparations rapides et sans rendez-vous situés à proximité de centres commerciaux ou de leurs lieux de travail, ce qui suppose aussi des systèmes de distribution rapide de pièces de rechange avec plusieurs livraisons par jour.

– La complexité croissante des automobiles et particulièrement de la partie électronique donne un avantage aux concessionnaires, au détriment de la réparation par le propriétaire du véhicule, mais il est vraisemblable que le développement de cette complexité poussera à une maintenance comprenant de moins en moins de main-d'œuvre et de plus en plus de changement de pièces de rechange.

Dans ce contexte l'organisation de la distribution des pièces de rechange est en pleine évolution.

Une pièce de rechange automobile doit être disponible :

– instantanément, s'il s'agit d'une pièce d'usure dont la durée de vie est limitée ;

– en quelques heures s'il s'agit de pièces dont les pannes sont relativement fréquentes ;

– en 24 ou 48 heures au grand maximum s'il s'agit de pièces coûteuses ou dont les pannes sont très exceptionnelles.

Ces modalités de mise à disposition des pièces de rechange impliquent des organisations logistiques à plusieurs niveaux et des modalités spécifiques de gestion de stock à chacun de ces niveaux pour obtenir le meilleur *trade-off* entre le taux de service, le coût financier de stockage des pièces et les coûts de transport. Classiquement comme chez Renault-Nissan, les pièces de rechange sont stockées au sein de réseaux logistiques multi-niveaux :

– en central dans un magasin mondial disposant de l'ensemble de la collection nécessaire et appartenant au constructeur ;

– en régional dans un magasin pays ou multi pays géré par une filiale ou un grossiste à qui ce rôle a été délégué. Les pièces stockées ne sont qu'une partie de la collection globale ;

– en local chez un concessionnaire qui dispose des 10 000 pièces les plus courantes pour servir immédiatement la clientèle.

La figure 13.1 empruntée à Cat-Logistique montre les circuits actuels de distribution des pièces de rechange.

1. European Campaign for the freedom of the Automotive parts and Repair market (www.ecar-eu.com).

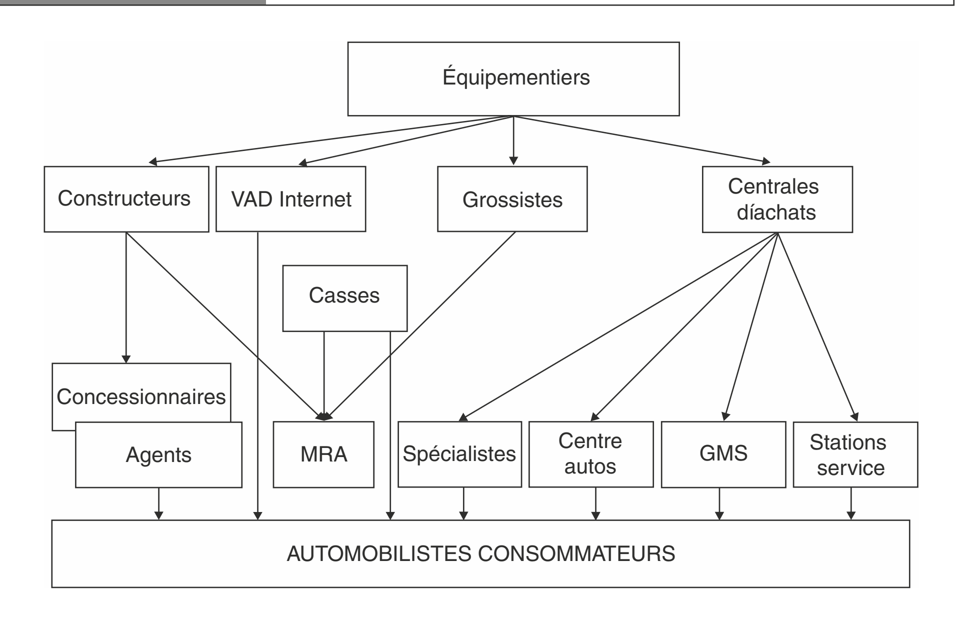


Figure 13.1 – Circuit de distribution des pièces de rechanges.

13.1.3 Maintenance aéronautique

La maintenance aéronautique est traditionnellement une référence du fait que les administrations de l'aéronautique civile des différents pays – et particulièrement des États-Unis – ont mis en place des procédures sévères de contrôle de la maintenance des appareils, pour des raisons évidentes de sécurité. Elle présente les caractéristiques suivantes :

– Des préconisations très précises des divers types de maintenance, préconisations établies par les avionneurs et motoristes et approuvées par les administrations. La réalisation de ces contrôles et maintenances préventives est vérifiée *in situ* par des sociétés de surveillance technique. À des suivis permanents se superposent des opérations de maintenance périodiques, annuelles par exemple. En outre des modifications peuvent être imposées à n'importe quel moment pour corriger des défauts constatés. Un avion pour lesquelles les prescriptions n'auraient pas été suivies peut être interdit de vol par la Direction de l'aviation civile.

– Parmi ces préconisations, un nombre important d'équipements que l'on appelle les « rotables » doivent être vérifiés et/ou déposés en fonction d'unités d'œuvre pré-définies (heures de vol, heures de fonctionnement moteur, nombre d'atterrissages, etc.) ; chacun de ces équipements doit être suivi individuellement et l'on doit savoir en permanence quelle est la situation de leur « potentiel » (par exemple nombre d'heures de vol à effectuer avant la prochaine dépose).

– Les pièces de rechange aéronautiques donnent lieu à des procédures de certification très strictes et il en est de même des réparations. Chaque pièce doit avoir un numéro de pièce et être accompagnée d'une fiche précisant son origine, sa date de fabrication et l'habilitation du fournisseur. Les interchan-

geabilités entre pièces sont suivies avec beaucoup de rigueur. L'existence de contrefaçons et d'un trafic international, dont la presse s'est fait l'écho, a incité les administrations européennes à prévoir dans les procédures JAR une organisation pour enquêter sur toutes les anomalies constatées.

– Certaines pièces (élastomères ou lubrifiants par exemple) ont des délais de validité limités et ne peuvent plus être utilisées au-delà de ce délai.

– Du fait du coût très élevé d'immobilisation d'un avion, les avionneurs, motoristes et équipementiers doivent fournir les pièces dans des délais très courts. Lorsqu'un avion est en panne (procédure AOG : *Airplane On Ground*), toute demande de pièce doit donner lieu à l'expédition de la pièce ou de son sur-ensemble dans les 4 heures. Le *Work Stoppage* permet d'obtenir une pièce dans les 24 heures à un coût moindre. Les achats normaux se font avec des délais allant de 1 à 10 mois. Toutes ces expéditions se font le plus souvent par l'intermédiaire de transitaires spécialisés. Ces procédures demandent des stocks importants. Pour un marché de pièces de rechanges de 35 millions de dollars on évalue à 45 millions de dollars la valeur des stocks immobilisés dans le monde.

Il résulte de tout cela que le coût des pièces de rechange est une part importante des coûts d'exploitation d'un avion. La maintenance des avions était réalisée autrefois par les compagnies aériennes elles-mêmes qui achetaient, en même temps qu'un appareil, des lots très importants de pièces de rechange dans le cadre de l'approvisionnement initial. La spécificité des maintenances de chaque appareil, particulièrement pour les gros porteurs et pour les maintenances périodiques, rendent ces maintenances très coûteuses en obligeant à immobiliser des matériels de contrôle et d'importants stocks. Les compagnies ont donc tendance à se regrouper et à faire assurer par des filiales communes ou l'une d'entre elles la maintenance de leurs avions. Il existe d'autre part des entreprises, comme la SOGERMA en France, spécialisées dans la maintenance des avions, dont l'activité maintenance a été cédée au groupe TAT, groupe spécialisé dans la maintenance aéronautique et les services aériens en 2006 suite à l'accumulation de pertes importantes au cours des exercices précédents. Les pièces de rechange peuvent être fournies par les fabricants : avionneurs, motoristes et équipementiers ou leurs fournisseurs dans certains cas.

Des *brokers* revendent des lots de pièces de rechange rachetés à des compagnies aériennes (par exemple lorsqu'elles renoncent à exploiter un type d'appareil) ou des fabricants. Il est possible de racheter des pièces à un fournisseur spécialisé et de les faire approuver par une procédure PMA (*Part Manufacturer Approval*) de la Federal Aviation Association aux États-Unis.

Une des difficultés des pièces aéronautiques est que la part des cartes et autres pièces électroniques devient de plus en plus importante. Or ces matériels ont un cycle de vie court de quelques années. Au-delà on ne trouve plus les composants qui sont alors d'une génération dépassée. Un avion au contraire peut rester en service vingt ans, trente ans ou plus. Il faut donc renouveler progressivement les équipements électroniques d'un avion en trouvant des produits de substitution qu'il faut faire homologuer avec la même rigueur que pour les équipements d'origine.

Les compagnies aériennes, armées de l'air et plus généralement tous ceux qui participent à la maintenance des avions utilisent des systèmes informatiques intégrés pour suivre les opérations de maintenance et suivre les pièces de rechange. C'est d'ailleurs à partir de telles expériences que se sont développés les premiers systèmes de GMAO de l'industrie. Les caractéristiques de ces systèmes sont les suivantes :

– Suivi détaillé des *rotables at each* à partir de leur *serial number* qu'ils soient montés sur un appareil, déposés en atelier ou en réparation à l'extérieur. Ce suivi s'accompagne d'un suivi du potentiel de chacun d'entre eux à partir du relevé des vols effectués par appareil et du lien entre un *rotable* et l'appareil sur lequel il est monté.

– Utilisation de normes internationales pour l'identification des pièces à partir du numéro de leur fabricant et de leurs caractéristiques – suivi détaillé des applicabilités (appareils sur lesquels peuvent être montés une pièce) et des interchangeabilités – suivi des durées de vie de certaines pièces.

– Lien entre les gammes de maintenance et les pièces en stock de façon à s'assurer que l'on a bien les pièces nécessaires pour une opération.

13.1.4 Maintenance aéronautique militaire

Comme cela a été évoqué dans le chapitre sur la logistique militaire, la pression budgétaire conduit les armées à mettre en place des solutions de sous-traitance de leur maintenance et de la logistique des pièces de rechange associée.

Ainsi la Loi de Programmation Militaire (LPM) cite l'externalisation de prestations, jusqu'ici réalisées en régie, comme une des voies d'amélioration de l'outil de Défense pour :

– accroître la performance du ministère ce qui apparaît comme une nécessité ;

– répondre aux besoins d'une armée désormais professionnelle ;

– acquérir des compétences très spécialisées à un coût acceptable.

Le Ministère de la Défense français a identifié des projets pilotes dès 2004 tels que :

– le Transport aérien long rayon d'action (TLRA) et *Multi Role Tanker Transport* (MRTT) ;

– la formation des pilotes d'avions et d'hélicoptères ;

– le soutien des forces en opérations extérieures ;

– l'externalisation du parc automobile et de véhicules spécialisés non opérationnels ;

– la construction, la gérance et l'exploitation de bâtiments.

Cet objectif ambitieux conduit à des réticences compréhensibles mais qui retardent une échéance inéluctable et implique une évolution profonde des cultures et le développement et la mise au point d'outils et de méthodes. Une démarche d'externalisation d'activités de soutien aux opérations militaires ne peut s'envisager sans une offre globale et intégrée en assurant la continuité du service avec un minimum de risques lors du transfert de responsabilité.

C'est ainsi qu'EADS Services, filiale d'EADS, a mis en place depuis 2000 un ensemble de dossiers d'externalisation pour le compte des Armées tels que :

– GÜZ (*GefechtÜbungsZentrum*) : Centre d'entraînement au combat de la Bundeswehr, en partenariat avec Diehl et STN ;

– AVDEF et GFD : Entraînement des forces maritimes et aériennes, françaises et allemandes, au tir sur cibles et à la guerre électronique, réalisation de missions de surveillance ou de photographie aérienne ;

– CATS (*Combined Aerial Target Service*) : Essais et entraînement des pilotes de la Royal Air Force au tir sur cibles, en partenariat avec SERCO ;

– HERKULES : Services informatiques et réseaux de télécommunications de la Bundeswehr (services LAN/WAN/voix/bureautique), en partenariat avec CSC et Mobilkom.

Dans ce type de contrat qui offre un engagement de disponibilité de longue durée (30 ans), l'objectif est de fournir un service et non de vendre des avions et c'est pourquoi les spécifications sont exprimées en capacité opérationnelle. Dans ce contexte, la performance du soutien logistique est l'un des facteurs clés de l'engagement de disponibilité.

L'activité réparation a un rôle important pour les constructeurs et les équipementiers car elle permet de fidéliser le client, de participer à l'équilibre économique en dehors des périodes de renouvellement des matériels et de contribuer au développement d'offres globales « produit + services ». Cette activité s'intègre progressivement dans des offres globales de maintien en condition opérationnelle en associant étroitement maintenance (révisions et réparation), logistique (approvisionnements de rechanges) et support technique (assistance technique, gestion de configuration, suivi technique, traitement des obsolescences…). Enfin, les nouvelles offres globales de MCO aéronautique par exemple sont fondées sur des engagements forfaitaires, rémunérées à l'heure de vol et assorties d'engagements de disponibilité.

13.1.5 Maintenance des ordinateurs

La gestion de pièces de rechange informatiques était très liée à celle du service après vente des constructeurs d'ordinateurs. Le marché informatique était, il y a une dizaine d'années, pour sa part la plus lucrative, un marché de vente de grands systèmes propriétaires assortis de contrats de maintenance. Le SAV était alors, comme on l'a vu, une ressource essentielle des constructeurs d'ordinateurs qui conservaient des stocks de pièces de rechange importants. Le poids des SAV dans cette gestion des pièces de rechange se traduit par des caractéristiques propres : arrivée des commandes en entrepôt entre 16 et 18 h quand les inspecteurs de maintenance reviennent à leur bureau, expédition le soir même pour arriver le lendemain matin avant 8 heures (dans le même pays) et permettre le dépannage, système de commandes urgentes à livrer en moins de 4 heures, importance de la réparation des pièces en échange standard (cartes électroniques par exemple), etc.

Mais la fiabilité des systèmes informatiques s'est considérablement accrue ces dernières années. Un système informatique qui avait 18 pannes par an en 1975, n'en avait plus que 12 en 1980, 5 en 1984, 4 en 1989 et 1 en 1993... (IHEL, 1996). De plus les prix des composants n'ont que peu baissé

par rapport aux prix des systèmes informatiques. Les grands services après vente des constructeurs qui étaient caractérisés par des charges fixes importantes ont donc vu leurs prestations se renchérir de façon insupportable.

D'autre part le marché a vu se développer la vente de mini puis de micro-ordinateurs pour lesquels la marque du constructeur ensemblier est devenue moins importante que les composants principaux : on achète un micro Pentium plus qu'un micro IBM ou X. Les composants se sont banalisés et les besoins de service après vente se sont fortement réduits chez les utilisateurs qui diversifiaient leurs fournisseurs. Ces utilisateurs ont donc recherché des sociétés susceptibles d'assurer la maintenance de l'ensemble de leur parc quels qu'en soient les fournisseurs, ce qu'on a appelé le marché MVS *(Multi Vendor Service)*. On a donc vu se développer des entreprises spécialisées dans la maintenance de parcs de micro-ordinateurs puis d'ordinateurs, ce qu'on appelle la *Third Party Maintenance* (maintenance de tierce partie, la première étant le constructeur et la seconde, l'utilisateur).

13.1.6 Maintenance industrielle

Les stocks nécessaires à la maintenance industrielle sont parfois gérés en même temps que les stocks nécessaires à la production ce qui est rarement une bonne solution. La meilleure solution est, semble-t-il, de disposer de magasins particuliers au service de maintenance et à la production (si celle-ci participe à la maintenance). La gestion informatique de ce stock n'est pas toujours simple. Il faut tenir compte en outre que l'entreprise peut réaliser une partie de ses machines elle-même et qu'il faut assurer un lien entre la gestion informatique des plans et cette gestion des pièces.

Les nombres de pièces de rechange peuvent être très importants ; le plus souvent, ils s'expriment en milliers et leur valeur est importante. Pendant très longtemps cette gestion des pièces de rechange a été un point faible des usines et une cause importante d'indisponibilité des machines. La GMAO, en aidant à prendre en charge ce problème, a eu un effet très positif et nous serions tenté de considérer que c'est un des effets les plus bénéfiques de la GMAO que cette gestion des pièces de rechange et la remise en ordre qui en résulte souvent dès sa mise en place.

Sur le plan technique de leur gestion, on va voir que cette gestion est très différente des gestions de stock classiques et montre bien la différence qui peut exister entre les logistiques de soutien et les logistiques de flux.

13.2 Différents types de pièces de rechange

13.2.1 Pièces réparables et non réparables – Niveaux de maintenance

La notion de pièce réparable est une notion économique. Pour qu'une pièce soit réparable, il faut que la réparation soit moins chère que la pièce neuve. Ainsi ne réparera-t-on pas une carte électronique qui vaut 100 € neuve y compris les coûts d'approvisionnement si le coût moyen de réparation par une

entreprise spécialisée est plus élevé, y compris les frais de transport et de suivi de la réparation, en tenant compte d'un pourcentage non négligeable de cartes qui seront trouvées sans défauts lors de la réparation (cartes RAS : rien à signaler ou NFF en anglais).

Une pièce qui n'est pas réparable dans une usine faute de moyens de réparations spécialisés peut être réparable à l'extérieur. Dans la décomposition d'une machine pour la maintenance on arrêtera donc cette décomposition au niveau de la dernière « feuille » non réparable localement de l'arborescence de l'équipement. Il faut donc distinguer deux notions de « non réparable » :

– le non-réparable économiquement qui implique toujours un remplacement par une pièce neuve,

– le non-réparable localement mais réparable économiquement qui implique un envoi à réparer à l'extérieur.

13.2.2 Pièces d'usure

A priori une pièce d'usure s'use régulièrement tout au long de sa vie. Cependant elle est conçue normalement pour que cette usure n'augmente pas sensiblement le taux de panne sauf en fin de vie où l'usure devient telle que le taux de panne progresse très vite (figure 13.2).

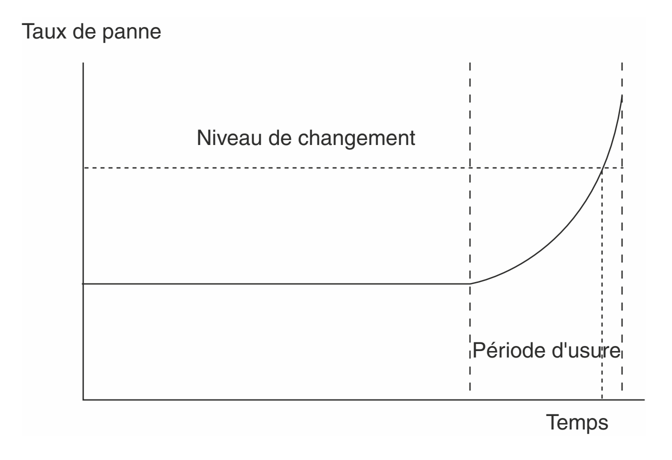


Figure 13.2 – Taux de panne en fonction de l'usure d'une pièce.

Les pièces d'usure doivent être connues et permettent une maintenance préventive à condition de connaître très précisément leur « loi d'usure » dans les conditions réelles de leur emploi. Ces conditions réelles d'emploi sont importantes : par exemple, on distinguera pour un véhicule l'usure de ses pneus résultant de son emploi sur route bitumée ou sur pistes et carrières. Les deux formes de maintenance préventive traditionnelles peuvent être utilisées :

– la maintenance préventive systématique qui permet de faire des prévisions de dépose et de remplacement à partir de prévisions d'utilisation ;

– la maintenance préventive conditionnelle ou « selon état » si l'on est capable de déterminer par un examen, une mesure ou un test le potentiel restant de la pièce.

La première forme est plus simple et souvent plus sûre mais aussi plus coûteuse. Certains systèmes de GMAO inspirés de l'aéronautique permettent de déterminer les pièces (probablement) à changer et la date de ce changement à partir d'un programme prévisionnel de fabrication.

Les pièces d'usure sont essentiellement des pièces mécaniques (roulements par exemple), des filtres, des courroies, etc. On peut trouver parfois des pièces électroniques ayant des comportements de pièces d'usure. Ainsi des cartes comprenant des relais, donc des déplacements, présentent une augmentation importante du taux de défaillance avec le temps (Lelièvre *et al.*, 1993).

La connaissance des pièces d'usure et de leur loi d'usure est à la base de la gestion des pièces de rechange.

13.2.3 Pièces de sécurité

Il y a beaucoup de définitions des « pièces de sécurité ». On appelle ainsi assez souvent dans l'industrie des pièces à forte essentialité, mais à consommation pratiquement nulle avec un temps d'approvisionnement extrêmement long. Il en est ainsi, par exemple, d'un arbre dont la fourniture peut demander six mois, mais qui en cas d'accident doit pouvoir être changé rapidement pour ne pas arrêter l'usine. Ces pièces sont livrées le plus souvent avec l'équipement au moment de sa mise en place.

13.2.4 Pièces à durée de vie limitée

Certaines pièces ont, indépendamment de leur emploi, une durée de vie limitée un peu comme les produits alimentaires frais soumis à une date de péremption. Il s'agit d'élastomères ou d'huiles, particulièrement dans le domaine aéronautique où les normes d'utilisation sont particulièrement sévères. Il est alors nécessaire de suivre ces pièces par lots dans le système informatique et de veiller à ce que l'on sorte toujours des pièces du lot le plus ancien (méthode FIFO : *First In First Out*).

13.2.5 Cartes électroniques

Les cartes électroniques sont des pièces comme les autres et l'on pourrait s'étonner de les voir traiter à part. On notera cependant qu'elles ont des caractéristiques très particulières et qu'elles tendent, avec le développement de l'électronique et des automatismes, à prendre une importance de plus en plus grande dans les stocks techniques.

■ Caractéristiques

□ Cherté

Il y en a à tous les prix, mais ce souvent des pièces chères et même de plus en plus chères au fur et à mesure qu'elles deviennent de plus en plus comple-

xes. Il n'est pas rare de rencontrer des cartes électroniques qui valent plusieurs milliers d'euros.

Leur prix, et celui de leurs composants, contrairement à ce que l'on pourrait croire, ne baisse que relativement lentement car leurs fonctionnalités augmentent dans le même temps. En informatique par exemple, la demande des particuliers pour les ordinateurs personnels et les téléphones portables – qui représentent près de 60 % de l'ensemble de la demande en semi-conducteurs – a augmenté. Malgré une hausse de près de 7 % du nombre d'unités vendues, la baisse des prix a limité la croissance du chiffre d'affaires du secteur des semi-conducteurs à 2 % – pour 121 milliards de dollars – au cours des six premiers mois de l'année 2007 (source : statistiques Semiconductor Industry Association). Le prix moyen d'un ordinateur de bureau est tombé à environ 700 dollars, alors que la capacité de mémoire de ces machines a augmenté d'environ 50 % depuis 2006.

☐ **Coût et durée des réparations**

Les réparations de cartes électroniques demandent, pour le diagnostic des matériels spécialisés (testeurs) ou spécialement programmés, des opérateurs spécialisés et des procédures élaborées de tests. Elles demandent en outre des matériels et des opérateurs spécialisés pour la réparation proprement dite. Il faut aussi disposer de stocks de composants. Le fabricant de la carte exerce donc assez souvent un certain monopole pour la réparation de ses cartes et hors période de garantie, souvent un an, fait payer relativement cher les réparations. De grandes entreprises peuvent avoir leurs propres ateliers de réparations de cartes, mais les prix de revient de ces réparations sont souvent plus élevés en interne que par l'intermédiaire d'entreprises spécialisées.

Les délais de réparation se comptent en semaines voire en mois de telle sorte qu'il est le plus souvent nécessaire de remplacer la carte par échange standard, ce qui suppose une organisation particulière pour le dépannage.

Une autre difficulté vient de ce que le cycle de production des cartes électroniques est relativement bref. Les technologies évoluent vite et les composants ne sont plus disponibles sur le marché au bout de très peu d'années, voire de mois. Or l'équipement qui utilise une carte électronique peut rester en service pendant des dizaines d'années (avion, commutateur téléphonique, etc.).

Il est possible que la réparation des cartes électroniques évolue au cours des prochaines années. En effet on utilise souvent pour les cartes les plus importantes des composants céramiques particulièrement coûteux. Or se développent actuellement des techniques de fiabilisation des composants plastiques standards. Ces techniques font l'objet de beaucoup de recherches actuellement : projet RWOH *(Reliability Without Hermiticity)* aux États-Unis, technique de robustification de GIAT Industries en France, etc. Ces techniques pourraient abaisser considérablement les coûts des cartes les plus coûteuses et amener à ne plus les réparer.

☐ **Essentialité**

Elles constituent souvent le cœur de systèmes de supervision, d'automates ou de dispositifs essentiels à l'activité et leur panne est susceptible d'interrompre un processus important. La défaillance d'une carte électronique dans un système informatique central peut paralyser l'activité d'une entreprise. Sur un

avion, ses conséquences peuvent être catastrophiques. Une carte du « cœur de chaîne » d'un commutateur téléphonique peut, à la suite d'une défaillance, interrompre les communications téléphoniques d'une zone importante. Ces cartes essentielles sont souvent l'objet de redondances structurelles.

☐ **Difficulté du diagnostic de pannes**

En principe, l'utilisation intensive des cartes a simplifié le diagnostic des pannes électroniques. Il suffit, face à une panne, de changer une carte pour voir si l'on revient à un fonctionnement normal. On peut même changer plusieurs cartes ce qui est parfois nécessaire mais ne l'est pas toujours. On peut envoyer alors à réparer des cartes qui ne présentent pas de défauts. Par ailleurs certains défauts peuvent être sporadiques et disparaître après un repos de la carte ou un changement de température, etc. Il résulte de tout cela qu'un pourcentage non négligeable des cartes électroniques ne présente aucun défaut lors de la réparation. On voit des pourcentages de RAS (rien à signaler) qui atteignent 20, 30 ou même 50 % selon les cartes et les entreprises. Une telle situation est évidemment extrêmement coûteuse et impose une politique d'analyse technique des défaillances et de formation des dépanneurs.

On notera par ailleurs qu'il est nécessaire de disposer de cartes non seulement pour remplacer des cartes défaillantes, mais comme un outil de test pour vérifier que la carte en service n'a pas de défaut.

☐ **Cycle de vie**

On considère traditionnellement que le cycle de vie d'une carte électronique peut être représenté par une courbe du type de la figure 13.3 avec deux périodes : une période de *burn-out* en début de vie avec un taux de défaillance important et une période de maturité où le taux de défaillance serait constant.

Ces hypothèses sont importantes car elles sont à la base des modèles de prévision de normes comme la MIL STD 217 du DoD des États-Unis ou la norme française RDF. Il a parfois été affirmé que le taux de panne de certains composants électroniques pouvait être égal à zéro pendant la période de maturité.

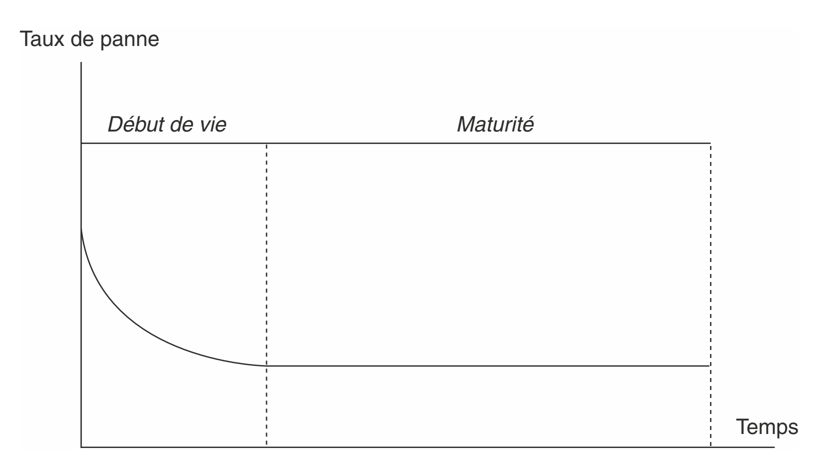


Figure 13.3 – Cycle de vie d'une carte électronique.

C

LOGISTIQUE DE SOUTIEN

En fait, on peut penser que dans un grand nombre de cas, cette courbe correspond à la réalité avec les correctifs suivants (Lelièvre *et al.*, 1993) :

– Les taux de panne ne sont pas les mêmes selon l'année de fabrication de la carte ou du composant électronique ; il y a eu en effet au cours des années 1980 une amélioration permanente et rapide de la fiabilité des composants de telle sorte que les productions les plus anciennes sont et restent moins fiables que les nouvelles. Il semble que la fiabilité des composants ne semble plus s'améliorer d'une année à l'autre au cours des années 1990, à égalité de fonctionnalités (Monfort et Haumont, 1996).

– Par contre le taux de panne d'un composant ou d'une carte produite reste ensuite stable tout au long de sa vie une fois passée la période de début de vie et en tenant compte des variations saisonnières de fiabilité (voir *infra*).

Les normes françaises de 1992 tiennent compte de ces observations[1].

On remarque cependant que les cartes contenant des relais font exception et subissent un vieillissement qui augmente leurs taux de panne avec le temps.

Des lots entiers de cartes électroniques peuvent présenter des défauts à la suite de fabrications défectueuses ou de composants défectueux (par exemple défaut de protection interne vis-à-vis des surtensions). Il est important de détecter ces lots défectueux le plus tôt possible car on est obligé ensuite de changer systématiquement sur les équipements toutes les cartes de ce lot pour les modifier avant que la défaillance ne se manifeste.

Une conséquence de cette caractéristique du cycle de vie est que les cartes électroniques d'occasion peuvent être plus fiables que les cartes neuves (pour une même période de fabrication). En outre dans un parc, les cartes les plus fragiles s'éliminent progressivement de telle sorte que la fiabilité du parc peut s'améliorer en dehors même du phénomène d'amélioration technique de la fiabilité.

Les observations précédentes doivent être pondérées par le fait que, dans une installation d'automatisme, les cartes électroniques ne constituent pas, loin de là, la partie la moins fiable du système. Les pannes de capteurs ou d'actionneurs sont généralement beaucoup plus fréquentes.

☐ **Variations saisonnières du taux de panne**

On constate souvent des variations saisonnières extrêmement importantes du taux de panne d'une carte électronique en liaison avec les conditions climatiques. Il va de soi que ces variations peuvent être liées non seulement à des variations saisonnières, mais aux conditions climatiques et techniques de l'utilisation des cartes (hygrométrie, température, protections, etc.). Cependant, ces variations saisonnières semblent diminuer avec l'amélioration de la fiabilité des cartes et composants (Lelièvre *et al.*, 1993).

Ces variations saisonnières se manifestent par des taux beaucoup plus importants pendant les mois chauds (juillet, août, septembre). Ces variations peuvent avoir deux origines qui vont dans le même sens :

1. Ainsi dans le RDF92 *(French Reliability Data Handbook)* la formule de calcul du taux de défaillance prévisionnel pour les circuits intégrés MOS inclut des facteurs du type e^{-ka} où *a* est l'année de fabrication en prenant 1988 comme base et *k* un coefficient d'ajustement statistique.

– les surtensions dues aux orages fréquents pendant ces périodes et le taux de panne dépendent alors de la région (nature du sol, importance des orages, etc.), de la position de la carte et des normes d'isolation et de protection retenues ;

– l'augmentation de l'humidité de l'air aux périodes chaudes (Archambault *et al.*, 1985).

Il est donc nécessaire d'analyser et de préciser avec soin, à la conception, les conditions normales d'utilisation (vibrations, températures, humidité, tensions, gradients, etc.) tout en sachant que le traitement des hygrométries basses comme le traitement des hygrométries élevées par batteries froides entraînent souvent plus de perturbations que d'améliorations.

■ Conséquences

Il résulte des caractéristiques ci-dessus que les cartes électroniques doivent le plus souvent être suivies avec beaucoup de soin :

– étude au moins sommaire de leur essentialité dans le système à maintenir,

– connaissance de leur fiabilité, au moins de leur fiabilité prévisionnelle calculée par le constructeur,

– connaissance de l'environnement de leur utilisation et des conditions de calcul de la fiabilité par le constructeur.

L'échange et la réparation des cartes électroniques doivent être organisées en fonction des données précédentes avec un système d'échange standard dans un délai compatible.

Lorsque ces cartes électroniques sont nombreuses et représentent donc un enjeu important, soit pour le constructeur d'un équipement, soit pour un utilisateur important, on aura intérêt à mettre en place un suivi individuel des cartes de façon à connaître en permanence :

– le parc en service,

– le parc de cartes en maintenance,

– la fiabilité de chaque type de carte et son évolution dans le temps,

– la nature et l'origine des défaillances et les composants concernés.

Remarquons que le niveau de rotation d'un stock de cartes électroniques destiné à assurer la maintenance d'installations, peut être très lent : 0,87 par an dans l'étude de la Wharton School mentionnée ci-dessus (Cohen *et al.*, 1994). Si on considère une carte ayant un λ de l'ordre de 1×10^{-6}, cela signifie qu'elle n'aura de défaillance que tous les 114 ans en moyenne et si l'on doit en conserver une pour cinq en services, le taux de rotation est de 23 ans.

Chez les opérateurs de télécommunications où les valeurs des parcs se comptent en milliards d'euros, beaucoup d'entre eux ont mis en place ou mettent en place des systèmes informatiques de suivi individuel des cartes assurant les fonctions précédentes, au moins pour les cartes qui sont le plus souvent utilisées.

13.3 Détermination des lieux de stockage et des quantités à stocker

Une pièce de rechange peut être disponible :

– instantanément, c'est-à-dire en quelques secondes ou minutes,

– rapidement, c'est-à-dire en quelques heures,

– normalement, c'est-à-dire en 24 heures à quelques jours comme tout bien stocké.

Il est évident que ces différentes modalités impliquent des organisations différentes et des coûts différents et qu'il convient de réserver les modalités les plus performantes, et donc les plus coûteuses, aux cas qui en valent la peine. Le principe général consiste à déterminer d'abord les coûts des systèmes envisageables de stockage et de délivrance et à les comparer à ce que coûte le délai de fourniture de la pièce pour effectuer la réparation. Les pièces de rechange pour maintenance préventive n'ont pas besoin normalement de délivrance rapide car ces opérations de maintenance préventive peuvent être programmées à l'avance.

Pour les réparations, le coût du système de stockage et de délivrance comprend à la fois des coûts de stockage des pièces – et particulièrement des frais financiers – et des coûts d'obsolescence, des coûts de transport éventuellement, mais aussi des coûts de fonctionnement du système de suivi et de gestion de ces pièces. Ces coûts doivent être comparés au coût d'immobilisation de l'équipement à soutenir pendant l'attente de la pièce, coût qui doit être pondéré par la probabilité de la défaillance. Il s'agit donc de comparer plusieurs scénarios d'espérance mathématique de dépannage avec le coût certain du système de fourniture des pièces pour le dépannage.

En réalité, il est rare que l'on procède ainsi avec une telle démarche sauf dans les études de soutien logistique intégré ; le plus souvent les systèmes d'approvisionnement de pièces de rechange résultent de compromis réalisés peu à peu au fur et à mesure que le système de soutien s'est constitué. Il faut d'ailleurs distinguer deux hypothèses tout à fait différentes :

– le soutien d'un parc d'équipements dispersés comme dans le service après vente ;

– la maintenance d'une usine où tous les équipements sont concentrés en un même lieu. On notera cependant que, lorsqu'il s'agit de maintenir un ensemble d'usines utilisant pour partie des machines identiques, on retombe alors sur un problème analogue à la catégorie précédente.

13.3.1 Soutien d'un parc d'équipements dispersés

■ Principes

Afin de faciliter l'analyse des systèmes existants et des systèmes envisageables, on proposera ici une nomenclature des différents types de disponibilité que l'on peut rencontrer ou mettre en place (en fonction du délai de mise à disposition et de l'organisation qui permet de l'obtenir). Un diagnostic en ce domaine consiste à évaluer la performance du service actuel par rapport à

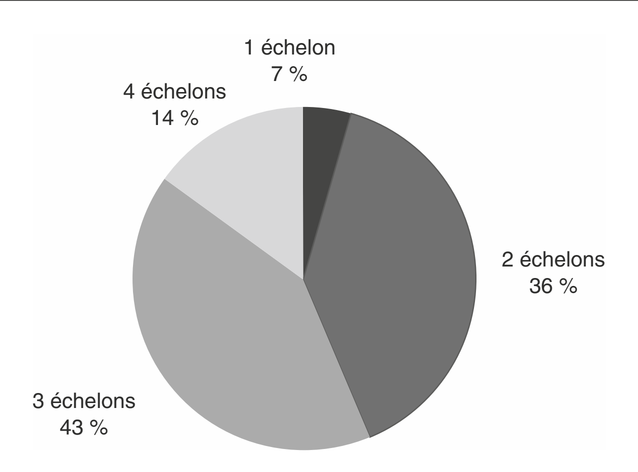


Figure 13.4 – Pourcentage de compagnies qui utilisent 1 à 4 échelons de stockage.

cette nomenclature, puis à examiner les autres possibilités répondant au besoin apparent de soutien.

Par rapport à la nomenclature ci-dessous, on notera que la plupart des entreprises « benchmarkées » lors de l'étude précitée de la Wharton School avaient des systèmes à 2 ou 3 échelons, avec la répartition de la figure 13.4.

36 % de la valeur des pièces sont conservés aux plus bas échelons et 57,3 % dans les entrepôts centraux qui ne détiennent que 63 % des différents types de pièces (Cohen, 1994). On distinguera :

– les stocks de premier niveau (1) servant directement à assurer le dépannage,

– les stocks de deuxième niveau (2) servant à renouveler les stocks de premier niveau,

– les stocks de premier niveau prime (1') servant à assurer le dépannage en cas de non-présence d'une pièce dans le stock de premier niveau soit qu'elle ait déjà été utilisée et n'ait pas encore été renouvelée, soit qu'elle se soit révélée défaillante au moment de sa mise en service, etc.

• *Disponibilité instantanée*. Une disponibilité instantanée peut être obtenue de deux façons : en conservant la pièce à proximité immédiate de chaque équipement ou en conservant la pièce avec l'agent qui intervient en dépannage.

• *Disponibilité instantanée par présence de la pièce à proximité de l'équipement*. C'est le cas d'un bâtiment de guerre qui, pour une pièce de forte essentialité, doit disposer de cette pièce à bord si la probabilité d'une défaillance est suffisante. C'est aussi le cas des « pièces de sécurité » dans l'industrie. Le nombre de pièces que l'on doit conserver à proximité de l'équipement dépend de plusieurs facteurs :

– le coût, les caractéristiques logistiques de la pièce (poids, dimension) et les conditions d'un éventuel dépannage. Un bâtiment de guerre n'emporte pas avec lui une ligne d'arbre de rechange... ;

– la probabilité de défaillance pendant la mission. En LSI de systèmes d'armes, la notion de durée de la mission est fondamentale et les tableaux

d'allocation de matériel doivent en tenir compte. Il va de soi que pour des missions de durée différentes ou ne mettant pas en cause les mêmes systèmes, on devra étudier des conditions de soutien en pièces de rechanges également différentes ;

– la possibilité d'obtenir une autre pièce en remplacement de celle que l'on vient d'utiliser en tenant compte du taux de défaillance pendant ce délai.

Il faut en plus que le dépanneur connaisse l'existence de cette pièce de rechange à côté de l'équipement et qu'il pense à passer commande d'une nouvelle dès l'utilisation de celle-là en dépannage.

Il faut bien voir que cette disponibilité instantanée de pièces par présence à côté de l'équipement peut être extrêmement coûteuse. Supposons que l'on dispose de 500 équipements à soutenir à travers la France et que l'on conserve avec chaque équipement une carte électronique de rechange valant 300 € ; si la probabilité d'une défaillance sur un an est de 0,02, on aura donc un stock de cartes immobilisées de 50 ans de consommation pour une valeur de 150 000 € !

• *Disponibilité instantanée par conservation de la pièce auprès de l'agent de dépannage*. C'est par exemple, le principe classique de la « camionnette de dépannage » dans laquelle l'agent de dépannage emporte les pièces qui peuvent lui être utiles. Cette solution peut être moins coûteuse que la solution précédente dans la mesure où il y a moins d'agents de dépannages que d'équipements à soutenir ce qui est souvent le cas. Il faut bien entendu assurer une gestion de ce « stock camionnette » (C.13.4.6). On notera qu'un véhicule automobile standard est un des pires endroits pour conserver une pièce fragile comme une carte électronique par exemple (vibrations, chaleur, humidité, froid, etc.).

• *Disponibilité instantanée par conservation de la pièce dans un centre de dépannage*. Lorsque les dépanneurs appelés à intervenir disposent dans leur centre d'un stock de pièces de rechanges, ils peuvent n'emporter une pièce en dépannage que lorsqu'ils pensent que cette pièce risque de leur être utile. Ils n'ont plus besoin alors d'emporter avec eux tout un lot de pièces de rechanges dans leur camionnette. Une telle solution suppose :

– que le dépanneur soit capable de déterminer avant de partir en dépannage de quelles pièces, il va avoir besoin ; ceci est souvent possible dans le cas de maintenance informatique ou de télécommunication à partir d'un premier télédiagnostic ;

– que le dépanneur repasse par le centre entre deux dépannages sauf à lui faire envoyer la ou les pièces éventuellement nécessaires, ce qui ramène à la solution ci-dessous.

• *Disponibilité en une heure et demie*. Cela est possible si l'équipement à dépanner se situe dans un rayon de 50 km autour du stock de pièces de rechange et si l'on dispose dans cet entrepôt d'un moyen de transport rapide (véhicule) permettant de livrer immédiatement la pièce à partir de l'expression d'une demande. Il faut bien évidemment tenir compte des risques d'avoir plusieurs demandes simultanées et prévoir dans ces cas l'envoi par taxi, comme il est fréquent dans l'industrie. Si le nombre d'envois d'urgence est faible, le taxi peut d'ailleurs être la solution de base.

Ce délai d'une heure et demie est un maximum ; il comprend une demi-heure de prise en compte de la demande et de recherche de la pièce et une heure

de déplacement en admettant que les déplacements sur 50 km se font par des rues ou petites routes. Il est nécessaire de prévoir le cas où le véhicule de transport se trouve bloqué par suite d'accident ou de manifestation et donc le munir d'un téléphone mobile pour pouvoir remédier à un retard important.

Il est évident que ce délai de livraison ne recouvre pas le temps d'intervention du dépanneur, de son diagnostic et de l'expression de son besoin (téléphone). La solution préférable est de piloter les transferts de matériel en urgence à partir d'un centre de diagnostic qui ordonnance les interventions des dépanneurs à partir soit des demandes d'intervention des clients (externes ou internes) du service après vente, soit à partir d'éléments de télédiagnostic. Ce centre en relation permanente avec les dépanneurs (par exemple par téléphone portable) peut déterminer de quelles pièces le dépanneur peut avoir besoin et les lui faire envoyer en recouvrement total ou partiel du temps qu'il faut au dépanneur pour se rendre auprès de l'équipement à dépanner. Ce centre doit évidemment avoir en permanence la connaissance des matériels disponibles en magasin central, dans les camionnettes des dépanneurs ou dans les centres locaux de dépannage.

• *Disponibilité en 2 heures à partir d'un stock situé à moins de 100 km et disposant d'un moyen de livraison rapide.*

• *Disponibilité en 2 heures pour des équipements situés à moins de 50 km d'un stock avec enlèvement par le dépanneur, etc.*

Les compagnies étudiées par l'étude précitée de la Wharton School assurent une disponibilité de 95 à 100 % des pièces en 24 heures, mais cette durée ne comprend pas le temps de transport qui est à rajouter. En outre, le fait de disposer d'une partie seulement des pièces dont on a besoin pour effectuer une réparation ne permet pas de remettre l'équipement en fonction et donc il faudrait mieux mesurer le taux de satisfaction non pas des lignes de commandes mais des bons de commandes (Cohen, 1994).

■ Calcul du stock de maintenance

La question la plus importante pour celui qui gère un stock de pièces de rechanges est de savoir combien il veut avoir d'exemplaires de chaque pièce dans son stock. On parle d'ailleurs assez souvent de « lot de maintenance » pour désigner un tel stock.

Il existe bien entendu des petites pièces de rechange, quincaillerie, visserie, etc. que la régularité de leurs consommations permet de gérer comme n'importe quel stock par l'analyse des consommations passées. D'autres pièces ont des consommations que l'on peut programmer avec la maintenance préventive : changement des pièces d'usure, kits, etc. Leur approvisionnement peut être déterminé à partir des programmes de maintenance.

Restent les pièces pour lesquelles la défaillance est aléatoire. Leur gestion prévisionnelle est une question difficile qui, comme on le verra, demande pour être abordée par le calcul, de disposer de beaucoup d'informations : taux de fiabilité de la pièce dans les conditions d'exploitation de l'équipement, conséquence d'une défaillance de la pièce, durée de réparation ou d'échange avec une pièce en état, nécessité ou non de disposer d'une pièce en état pour faire le diagnostic (test par changement de carte électronique par exemple), coût direct et indirect de la défaillance par heure d'immobilisation, coût de stockage et de détention de la pièce, etc.

Faute de disposer de toutes ses informations, il faut s'en remettre à l'expérience des techniciens de maintenance. On peut ainsi demander à chaque technicien (mécanique, électricité, électronique et automatismes, etc.) de choisir librement le nombre de pièces dont il veut disposer dans le stock de pièces de rechanges de l'établissement. Bien entendu, chaque technicien voudra « se couvrir » en disposant d'un stock très important : il faut donc placer des limites. Une bonne façon est de limiter le stock par catégorie à sa valeur actuelle. On peut même réduire progressivement cette valeur, sans aller trop loin... On laissera le soin au responsable de maintenance d'arbitrer entre les catégories et à chaque technicien de choisir le nombre de chaque pièce qu'il veut conserver sans dépasser sa valeur totale de stock. Ceci suppose que le système informatique de gestion de ces stocks permette d'évaluer en permanence la valeur de chaque catégorie de stock, ce qui n'est pas toujours le cas. On capitalisera ainsi de façon informelle l'expérience de chacun.

Il existe cependant des approches plus scientifiques de ce problème. On peut ainsi poser pour chaque pièce deux questions successives :

– Faut-il avoir une ou plusieurs pièces de rechange ou n'en faut-il pas ?

– Si l'on décide d'en avoir au moins une, combien faut-il en avoir pour être protégé avec une certaine probabilité ?

La première question est la plus difficile. Elle dépend en effet du risque de défaillance que l'on accepte de prendre. On peut cependant essayer d'y répondre en utilisant une distribution de Poisson.

On notera qu'il serait prudent de s'assurer par un test que la distribution des défaillances des pièces de change de ce type réponde bien à une loi de Poisson mais c'est assez souvent le cas.

La loi de Poisson est un classique : lorsqu'une variable x est susceptible de prendre des valeurs entières successives 0, 1, 2…, elle est dite distribuée selon la loi de Poisson si la fréquence de la valeur x est :

$$f_x = e^{-m}\frac{m^x}{x!}$$

où m est la moyenne. On peut prendre ici la moyenne égale à $N \times \lambda \times t$.

N est le nombre d'équipements identiques à soutenir, λ est le nombre de défaillances par heure et t le nombre d'heures pour lequel on veut faire le calcul.

Par exemple avec $N = 5$ équipements, $\lambda = 0{,}000\,01$ et $t = 8\,760$ heures soit un an, on obtient la distribution de la figure 13.5.

On constate que la probabilité de n'avoir aucune défaillance de pièce pendant un an est faible (0,11) et si l'on n'accepte pas une telle défaillance une fois au moins par an, il sera nécessaire d'avoir au moins une pièce de rechange. On aurait pu faire le calcul sur toute la durée de vie de l'équipement si on l'estimait nécessaire ou sur un mois, etc. Une telle formulation se rapproche d'assez près de l'expression des critères de défaillance des AMDEC. On a ainsi répondu à la première question.

Il reste à décider de combien de pièces il faut en stock pour être protégé avec une certaine probabilité, dite « taux de service », par exemple 95 %. Si l'on ne pouvait renouveler les cartes qu'une fois par an, la distribution montre qu'il en faudrait six. Mais comme on a la possibilité de faire réparer une carte défaillante,

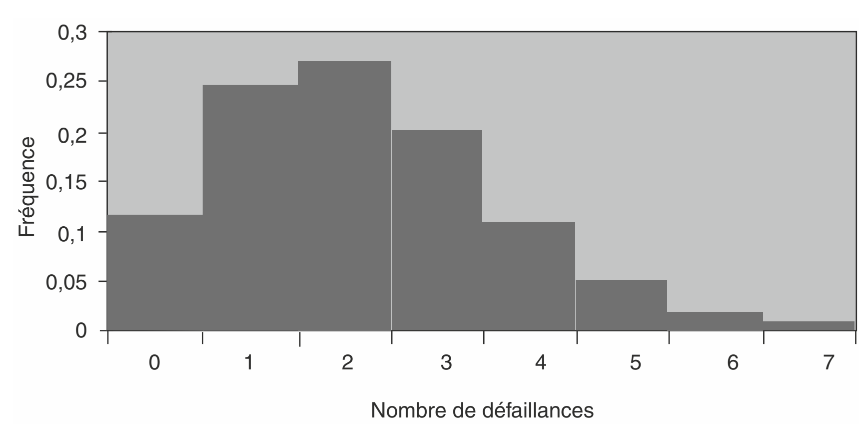


Figure 13.5 – Exemple de distribution selon la loi de Poisson.

il suffit d'en avoir le nombre voulu pour que l'on ait 95 % de chances de disposer toujours de carte pendant la période de réparation de la carte de rechange.

L'approche classique consiste alors à évaluer pour un seul lieu de stockage, le nombre de pannes probables qui doivent apparaître sur une période t donnée à partir de la probabilité cumulée avec une loi de Poisson :

$$P = e^{-N.\lambda.T} \sum_{j=0}^{r} \frac{(N \times \lambda \times T)^j}{j!}$$

avec N le nombre d'équipements identiques à soutenir, $j = r$ le nombre de pièces conservées, λ le nombre de défaillances par heure.

En prenant le temps t égal au temps T (exprimé en heures) nécessaire pour réparer une pièce défaillante, on peut déterminer la plus petite valeur de j qui nous assure un taux de service déterminé, par exemple 95 % et l'on répond alors à la deuxième question :

$$e^{-N.\lambda.T} \sum_{j=0}^{r} \frac{N \times \lambda \times T^j}{j!} \geq 0{,}95$$

On refait ainsi le calcul pour la période de réparation progressivement pour 0, 1, 2, 3... pièces et l'on totalise les fréquences jusqu'à ce qu'on obtienne une valeur supérieure ou égale à 95 %.

On suppose que les pièces en stock sont toutes en état de marche, ce qui suppose qu'on les vérifie régulièrement (par exemple pour une carte électronique)[1].

Une telle formule est relativement simple à utiliser avec un tableur.

On peut prendre quelques exemples pour voir ce que donne l'application d'une telle formule (tableau 13.2).

1. Il peut arriver que l'on ne connaisse pas N, le nombre d'équipements identiques à soutenir mais seulement n, le nombre de défaillances sur une période donnée (flux d'échanges), on peut alors remplacer l'expression $N\ \lambda$ par n/t où t est le temps d'exploitation correspondant à la période donnée.

Tableau 13.2 – Exemple d'application : nombre de pièces à conserver en stock pour un taux de service donné

Cas n°	Taux par heure de défaillances par heure	Nombre d'heures	Nombre équipements		Nombre de pièces en stock de maintenance : 1 + …					
	λ	*T*	*N*	*λ.T.N*	0	1	2	3	4	5
1	0,01	48	1	0,48	0,62	0,92	0,990	0,998	0,9998	1
2	0,002	120	1	0,24	0,79	0,98	0,998	0,9999	0,9999	1
3	0,002	120	5	1,2	0,30	0,66	0,88	0,96	0,99	0,998
4	0,000001	48	5	0,00024	0,9998	1	1	1	1	1
5	0,000001	48	100	0,0048	0,995	0,9999	1	1	1	1

On a supposé que les équipements considérés fonctionnaient 24 heures par jour.

Le premier cas correspond à un équipement unique ayant un taux de défaillance important (1 toutes les 100 heures en moyenne) et la possibilité d'obtenir une nouvelle pièce en 48 heures. La première condition pour dépanner est d'avoir au moins une pièce. La question que l'on se pose est alors « Que se passera-t-il quand on aura utilisé cette pièce pour dépanner ? ». La colonne « 0 » nous indique la probabilité qu'il n'y ait pas d'autre défaillance de cette pièce pendant les 48 heures où l'on attend soit son retour de réparation, soit un échange standard : elle est de 0,62 ce qui n'est pas très important. En revanche si l'on a une pièce de plus la colonne 1 nous indique que la probabilité d'avoir une autre défaillance n'est plus que de 8 % (soit 1 – 0,92) et si l'on en a deux en plus, la probabilité d'avoir encore une défaillance à laquelle on ne peut remédier pendant le temps de réparation de la première pièce n'est plus que de 1 %.

Si l'on a 2 pièces en stock, on a 92 chances sur 100 de ne pas avoir une autre panne pendant le temps de remplacement de la pièce que l'on a utilisée pour dépanner et 99 chances sur 100 avec 3 pièces.

Le deuxième cas correspond à un équipement unique moins fragile mais ayant encore un taux de panne non négligeable (1 panne en moyenne toutes les 500 heures), la possibilité d'obtenir une pièce en 5 jours (120 heures). Si l'on a 1 pièce en stock (en plus de celle qui a remplacé la pièce défaillante), on a 98 chances sur 100 de ne pas avoir une autre panne pendant le temps de remplacement de la pièce.

On notera que la gravité du dommage n'est pas la même si le risque se réalise dans l'un et l'autre cas ; dans le premier cas, la machine sera arrêtée pendant 24 heures, dans le second pendant 5 jours : la différence de perte de production peut être importante.

Le troisième cas correspond à un équipement du même type en 5 exemplaires. Il nous faut conserver 5 pièces pour avoir 99 chances sur 100 de ne pas avoir une autre panne pendant le temps de remplacement de la pièce.

Le quatrième cas est celui d'une carte électronique à fiabilité importante sur 5 équipements avec la possibilité d'obtenir une autre carte en 48 heures. Avec une carte en stock, on est protégé à presque 100 %. Il en est de même si on a 100 cartes à soutenir (cinquième cas).

On pourrait penser que dans le cas n° 4, on pourrait se permettre de ne pas avoir du tout de carte en stock. En effet la probabilité de ne pas avoir de pannes pendant les 48 heures d'une réparation est de 0,9998, ce qui est important ! Cependant, si on considère que l'équipement est en place pour 10 ans, la probabilité de ne pas avoir de pannes pendant ces dix ans n'est que de 0,11. On est donc à peu près certain d'avoir une ou plusieurs pannes pendant la vie de cet équipement.

Attention :

1. Il est nécessaire, comme on l'a vu, d'ajouter 1 au résultat du calcul pour obtenir le nombre de pièces à conserver en stock puisque la formule détermine ce qu'il faut pour se protéger pendant le remplacement ou la réparation de la pièce défaillante. Ceci est parfois oublié...

2. Le taux de défaillance peut subir des variations saisonnières ; c'est le cas parfois avec des cartes électroniques ; il est évident qu'un taux moyen annuel n'a pas alors de signification et que pour être prudent il faut prendre en compte le taux de défaillance de la période la plus critique, ce qui augmente le stock, mais il n'est pas possible de faire varier selon les mois un stock, de pièces de rechanges de ce type...

3. On notera l'importance du temps de réparation ou d'échange de la pièce défaillante. Dans le cas n° 1 où 3 cartes suffisaient avec un taux de service de 0,99 pour une durée de réparation de 2 jours, il en faut 6 pour une durée de réparation de 6 jours avec le même taux de service.

4. Le problème devient nettement plus complexe avec un réseau de soutien à plusieurs niveaux. On peut alors effectuer le calcul avec la méthode des chaînes de Markov avec composition de débordement (méthode de Wilkinson ou de distribution binomiale équivalente).

5. On prendra garde que la loi de Poisson peut être une loi de Poisson par grappe, si les consommations de chaque sortie ne sont pas d'une unité mais de plusieurs, la grappe. Le problème est simple si la grappe est de taille fixe, il l'est moins si elle est de taille variable.

Toutes ces méthodes ne tiennent cependant pas compte des coûts de défaillance et des coûts de stockage.

Le niveau d'un stock de maintenance peut être déterminé en comparant le coût d'attente d'une pièce pour dépannage, pondéré par sa probabilité, au coût de maintien en stock et distribution des pièces correspondantes. Il s'agirait d'une sorte de formule de Wilson en supposant que la courbe résultante ne soit pas plate et que la fonction de coût soit continue et dérivable. Le coût d'attente d'une pièce pour dépannage dépend :

– de l'essentialité de la pièce par rapport à l'équipement ;

– du coût d'arrêt de l'équipement. Pour certains équipements, le coût d'arrêt peut être une valeur arbitraire tenant compte du caractère stratégique ou non de l'équipement, des effets psychologiques de son arrêt, etc. autant que du manque à gagner ;

– de la durée de l'arrêt due à l'attente de la pièce, elle-même dépendante dans ce cas de la distance (en temps) entre le stock et l'équipement à dépanner ; cette distance en temps dépend de la distance kilométrique et de la procédure de distribution depuis le stock (expédition normale, messagerie, emport d'un lot de rechange par le dépanneur, envoi par véhicule, etc.).

La probabilité du dysfonctionnement peut être connue à partir de statistiques de fiabilité par pièce en tenant compte éventuellement des conditions de fonctionnement de cette pièce. On peut être amené à tenir compte des conditions du dépannage. La probabilité de défaillance de la pièce qui sert à remplacer une pièce défaillante n'est généralement pas la même que celle de la pièce que l'on remplace. Des tests systématiques, par exemple par rotation, des pièces de lots de maintenance peuvent diminuer cette probabilité conditionnelle.

Le produit d'une probabilité par un coût de défaillance est une espérance mathématique exprimée en francs.

Le coût de fourniture dépend :

– du coût de conservation de la pièce (Coût financier en fonction de la valeur de la pièce et du taux d'actualisation + Coût d'obsolescence + Coût de stockage proprement dit) ;

– du coût de transport et de traitement administratif de la pièce ;

– du nombre de pièces conservées dans chaque stock.

Il faut dans ce calcul prendre en compte les différents stocks et la probabilité des différentes voies d'approvisionnement. Par exemple, s'il y a trois niveaux de stock : un stock A de 1 pièce à 10 minutes, un stock B de 1 pièce avec deux modalités, une normale (B1) à 24 heures et une d'urgence à 3 heures (B2), un stock C de 1 pièce avec deux modalités C1 à 48 heures et C2 à 24 heures, il faut considérer les modalités du tableau 13.3.

Tableau 13.3 – Modalités de dépannage

Modalités	Temps d'arrêt dû au remplacement de la pièce	Probabilité
A-B1-C1/panne normale	10 min	p1
A-B2-C1/panne avec défaut de la pièce de remplacement ou double panne en moins de 24 h	3 h 10 min	p2
A-B2-C2/panne avec double défaut de pièces de remplacement ou triple panne en moins de 72 h	27 h 10 min	p3

Le circuit A-B1-C2 n'a pas de raison d'être.

Le nombre de pièces à conserver à chaque niveau dépend du nombre d'équipements à soutenir par chaque niveau. Pour un stock à 10 min, on peut admettre que ce stock est à proximité immédiate des équipements soutenus et le nombre moyen d'équipement par site est le paramètre à prendre en compte. Pour un stock à 3 heures, il faut tenir compte du nombre moyen d'équipements

qui se trouvent dans ce rayon de 3 heures autour du stock. Il dépend bien entendu du choix des lieux de stockage et des procédures.

Nous ne connaissons pas de modèle répondant à des principes de cette nature bien qu'il puisse en exister quelque part. On peut d'ailleurs noter que, si l'on n'est pas capable de calculer les coûts logistiques et les coûts d'immobilisation des matériels, on peut, comme avec un AMDEC, fixer une valeur maximale pour les coûts d'immobilisation ou une valeur maximale d'un indicateur type AMDEC (Indice de fréquence x Indice de gravité).

■ Calcul des allocations en pièces de rechange par les armées

Les armées se préoccupent depuis longtemps de déterminer les quantités de pièces de rechange qui doivent être conservées pour assurer la maintenance de leurs équipements. Si les concepts économiques ne leur sont pas étrangers, il est cependant évident qu'il ne leur est pas possible de déterminer un coût de non-efficacité de leurs équipements. Des méthodes simplifiées de détermination des stocks ont été élaborées.

Ainsi, par exemple sur un bâtiment de guerre, l'état d'allocation de matériel doit préciser le nombre de pièces de rechange à emporter en tenant compte du nombre de pièces en service sur le bâtiment et d'un coefficient de fragilité selon une formule du type $k\sqrt{Qt}$ dans laquelle k est un coefficient de fragilité. La quantité n'est pas simplement le nombre de pièces en service ; elle est calculée en tenant compte de beaucoup de facteurs :

– nombre d'appareils,

– nombre de pièces sur chaque appareil,

– période de temps pendant laquelle le matériel doit être soutenu,

– essentialité de la pièce,

– coefficient de pondération tenant compte du prix de la pièce et de la fréquence de sa consommation.

Par ailleurs des méthodes beaucoup plus sophistiquées ont été développées comme celle réalisée par Dassault pour déterminer les stocks nécessaires au soutien de leurs avions.

13.3.2 Maintenance dans une usine : MBF et approche budgétaire

On a vu que la maintenance basée sur la fiabilité (MBF) conduit à déterminer pour certains équipements des normes de maintenance préventive et pour d'autres une probabilité de défaillance. Dans les deux cas, on doit être à peu près capable de déterminer le stock de pièces de rechanges nécessaire à chaque instant. Le point important est que, dès l'étude MBF, on va pouvoir calculer le coût de stockage complet (Coût financier + Stockage) des pièces de rechange nécessaires. Il arrive le plus souvent qu'à l'issue d'une telle procédure, on constate que le coût des pièces de rechanges prévues est trop important et il convient alors de revoir l'analyse technique des machines pour réduire cette enveloppe de pièces de rechange.

De toute façon, quelle que soit la méthode utilisée pour déterminer les pièces de rechanges nécessaires, on peut retenir ces principes généraux de gestion des pièces de rechange :

1. Seul le responsable de maintenance, en accord avec la production, peut déterminer les pièces dont il a besoin en stock à chaque instant.

2. Pour ce faire, il dispose d'un budget limité déterminé par la procédure budgétaire de l'usine et l'on suit en permanence les dépenses correspondantes pour s'assurer qu'elles restent à l'intérieur de ce budget prévisionnel.

3. Il peut arriver qu'à la suite d'une activité exceptionnelle ou d'une « grosse casse » ce budget soit dépassé, mais le responsable de maintenance doit alors justifier ce dépassement par rapport à ses prévisions. (Ceci pour éviter que, comme nous l'avons déjà vu, on lui refuse l'achat d'une pièce indispensable pour remettre une machine en état sous prétexte que son budget était dépassé et qu'il devait attendre le mois suivant...)

13.4 Gestion des pièces de rechange

La gestion des pièces de rechange est une gestion des stocks particulière qui pose de nombreux problèmes spécifiques. Elle doit être assurée avec l'aide d'un système informatique, mais le choix d'un progiciel approprié peut être délicat.

On peut gérer les pièces de rechange avec les autres produits que gère déjà l'entreprise. Le système de gestion des stocks sera alors souvent conçu dans une optique comptable qui s'adapte souvent assez mal aux pièces de rechange. L'idéal est de gérer les pièces de rechange avec un système *ad hoc* conçu en relation étroite ou à l'intérieur d'un système de GMAO.

13.4.1 Identification

Assez souvent, lors de la mise en place d'un système de gestion des stocks de pièces de rechange, par exemple à l'intérieur d'une GMAO, on crée une nomenclature propre à l'entreprise permettant d'identifier toute pièce susceptible d'être approvisionnée. Si l'on considère qu'une usine moyenne peut utiliser 6 000 types de pièces de rechange et que les sociétés de documentation technique estiment qu'il faut en moyenne de 1 à 2 heures de technicien par type de pièces pour l'élaboration d'une nomenclature[1], une telle entreprise est souvent utopique et ruineuse. « La technique d'identification la plus classique, mais malheureusement rarement utilisée, est celle retenue par l'administration des États-Unis et l'OTAN. Elle consiste à identifier chaque type de pièce de rechange par l'association d'un numéro (ou sigle) de fabricant et du numéro que lui a donné ce fabricant. On notera que dans cette solution utilisée depuis longtemps par les armées et l'industrie aéronautique, le fabricant est le concepteur de la pièce, celui qui en conserve la propriété intellectuelle, et non le simple fournisseur. Cette technique d'identification indispensable pour les pièces spécifiques peut être couplée avec une nomenclature interne d'entreprise pour les pièces banales et des codifications normalisées lorsqu'elles

1. Cette indication de temps souvent utilisée est probablement exagérée compte tenu de l'importance des familles de pièces voisines, mais lorsqu'on fait le compte du temps passé, y compris les nombreuses réunions nécessaires et les consultations de documentations techniques, le temps par pièce reste important.

existent (Norme Afnor, DIN, etc.) en remplaçant alors le code fabricant par un code *ad hoc*. On notera cependant qu'il est rare que deux pièces différentes émanant de fabricants différents aient un numéro identique (de l'ordre de 1 pour 1 000 dans l'industrie). Le système informatique enregistrera donc bien le code fabricant lors de l'introduction de la pièce dans la nomenclature mais pourra se dispenser, dans la plupart des cas, de le demander aux magasiniers et techniciens, au prix bien entendu d'une programmation du système un peu élaboré » (Gabriel *et al.*, 1987).

L'utilisation de codes à barres est un des progrès les plus importants que l'on peut attendre pour l'identification des pièces de rechange. Ces codes à barres peuvent être portés sur des étiquettes ou sur la pièce elle-même et sur son emballage. La difficulté est que les codes à barres utilisés sont le plus souvent relatifs à des nomenclatures de fabrication et ne sont pas normalisés, sauf dans le domaine des produits de grande consommation à travers des systèmes comme l'EAN (*European Articles Number*). En outre, il faudrait dans certains cas normaliser les emplacements des codes à barres : par exemple, sur une carte électronique, il est important que le code à barres soit positionné sur la face avant de la carte pour pouvoir le lire sans déposer la carte de son rack. Un développement important des codes à barres est l'utilisation de nouveaux codes à deux dimensions permettant de stocker sur une même surface beaucoup plus d'informations et pratiquement de fournir une documentation complète à l'aide de codes comme le PDF 417. Le conditionnement des pièces de rechange pour faciliter leur utilisation par les utilisateurs devrait devenir une activité importante dans les prochaines années.

13.4.2 Suivis individuels

■ Définition

Dans la plupart des systèmes de gestion des stocks, l'on suit les pièces en nombre. On sait que l'on a en stock tant de pièces de tel modèle. Or il est parfois nécessaire de suivre individuellement les pièces ou sous-ensembles d'un même type, les suivre *at each* comme disent les Américains. Cela suppose que chaque pièce ou sous-ensemble puisse être identifié, outre par son numéro de pièce (*part number*), par un numéro individuel, souvent appelé numéro de série (*serial number*) à l'intérieur de sa catégorie. Ce numéro de série doit être gravé sur la pièce ou porté sur une étiquette inaltérable de telle sorte que, quels que soient les mauvais traitements subis par cette pièce ou ce sous-ensemble, on puisse retrouver son numéro de série.

On parle alors tantôt de « matériel nomenclaturé », tantôt de « pièce suivie », de « rotable » dans l'aéronautique, etc. Il serait bon qu'une appellation normalisée soit définie...

Pour assurer ce suivi individuel, il faut enregistrer dans le système tous les changements de statut d'une telle pièce avec la date et le numéro de la pièce. Les statuts peuvent être les suivants :

– en stock en bon état dans tel magasin,

– en attente de montage sur telle machine,

– monté sur telle machine,

– en attente après dépose avec telle équipe ou dans tel atelier,

– en stock dans tel magasin en attente de réparation,

– en cours de réparation à l'extérieur avec tel ordre de réparation,

– à l'extérieur pour établissement d'un devis de réparation,

– en cours de réparation dans un atelier de l'entreprise,

– en stock dans tel magasin en attente de condamnation, etc.

■ Intérêt du suivi individuel

Ce suivi est une contrainte forte pour les magasiniers et les agents de maintenance qui doivent relever le numéro de série de chacune de ses pièces lors de chaque changement de position. Moyennant quoi, on est capable :

– de dire où se trouve une pièce ou un sous-ensemble à n'importe quel moment ;

– de débusquer les pièces en attente depuis un certain temps ce qui peut laisser supposer qu'elles ont été oubliées ;

– de dire quelles sont les pièces ou sous-ensembles qui sont posées sur une machine ;

– de suivre les envois en réparation et leur retour ;

– de retrouver toutes les pièces d'un certain modèle sur un site industriel. Cela peut être utile pour effectuer une réparation urgente avec une pièce dont on ne dispose pas en magasin : on pourra retrouver une telle pièce dans un stock d'atelier, en cours ou en fin de réparation dans un atelier, ou encore présente sur une machine inutilisée où l'on peut la cannibaliser ;

– de connaître l'historique de chaque pièce ou sous-ensemble et, par exemple, de détecter une pièce qui tombe en panne plusieurs fois de suite peu après son montage ce qui peut correspondre à un défaut permanent peu visible. Ce peut être par exemple le cas d'une pièce électronique qui présente un défaut fugitif ;

– d'effectuer des statistiques de fiabilité sur des équipements vitaux ou particulièrement coûteux.

Ce dernier point peut être très important. Ainsi France Télécom qui utilise des centaines de milliers de pièces électroniques a mis au point un système de suivi de la fiabilité des cartes. Toute carte envoyée en réparation est accompagnée d'un bordereau sur lequel l'agent qui envoie cette carte à réparer porte :

– l'identification de la carte,

– les circonstances de la panne (mise sous tension, en cours d'exploitation, etc.),

– le motif de l'intervention (panne franche, panne intermittente, etc.),

– la cause de la panne (foudre, climatisation, fausse manœuvre, etc.),

– le code défaut,

– des commentaires.

Le réparateur porte :

– un diagnostic (RAS, défaut identique à celui signalé, etc.),

– les numéros des composants défaillants identifiés par leur repère sur le schéma.

Une application informatique permet ensuite de déterminer les faiblesses d'un type de carte et de ses composants, les procédures qui conduisent aux défaillances, etc. ce qui permet ensuite d'améliorer les cartes, leurs conditions d'utilisation ou les procédures d'exploitation ou de dépannage.

Dans l'aéronautique, chacun des « rotables » fait l'objet de dépose obligatoire puis de test approfondi chaque fois qu'il a épuisé son « potentiel » exprimé en nombre d'heures de vol ou de fonctionnement ou d'atterrissages, etc. Un équipement déposé d'un appareil pour être monté sur un autre cumule ainsi, en déduction de son potentiel, les heures acquises sur chacun des appareils. Le suivi des rotables a donc pour premier but de contrôler l'application de cette maintenance préventive systématique réglementaire.

13.4.3 Liens avec les équipements : applicabilité

L'applicabilité permet de connaître toutes les machines pour lesquelles une pièce, qui n'est pas une pièce banale, est susceptible d'être montée pour une action d'entretien, préventif ou correctif, avec référence aux versions concernées de ces machines éventuellement, aux emplacements topo-fonctionnels où l'on trouve cette pièce sur la machine et à la quantité qui en existe. On notera que le fichier inverse de ce fichier de nomenclature est le fichier qui analyse pour chaque type de machine sa décomposition arborescente de sous-ensembles en sous-ensembles de moins en moins complexes jusqu'à la pièce élémentaire. La constitution de cette partie de la base de données de nomenclature peut être obtenue de deux façons : par une analyse arborescente exhaustive des machines ou par l'enregistrement progressif des applicabilités au fur et à mesure que l'on sort des pièces du magasin pour une machine. La première hypothèse reste un peu théorique dans l'industrie tant que les fournisseurs de machines ne remettront pas à leurs acheteurs des fichiers sur supports magnétiques apportant toutes ces informations – avec en outre leurs prix – révisés périodiquement. Cela se pratique déjà dans l'aéronautique et dans d'autres domaines. En EDI, la norme EDIFACT comprend déjà des formats d'échanges de données de catalogue. Il est vraisemblable que les prochaines années verront le développement de normes plus adaptées à ces échanges techniques.

Cette connaissance de l'applicabilité peut paraître banale mais l'on constate assez souvent, en analysant le contenu des magasins de pièces de rechange que l'on gère des pièces de rechange, qui ne s'appliquent plus à aucune machine en service.

13.4.4 Interchangeabilité

Les interchangeabilités jouent un rôle considérable dans l'industrie. Il peut arriver que de 20 à 30 % des articles d'un stock aient au moins un interchangeable. Comme ces interchangeabilités ne sont pas toujours connues, il peut arriver qu'on ne puisse dépanner une machine faute de pièces de rechange alors que l'on dispose en magasin d'une autre pièce qui pourrait la remplacer. L'enregistrement de ces interchangeabilités doit être aussi automatique que possible, par exemple lors de la saisie de la réponse d'un fournisseur qui propose une autre pièce que celle demandée. Cette interchangeabilité peut

être biunivoque ou sujette à des restrictions techniques qui demandent une consultation de la documentation.

Une forme particulière d'interchangeabilité, souvent utile, est le remplacement du sur-ensemble plutôt que de la pièce défaillante à condition de savoir que telle pièce est un sur-ensemble d'une autre pièce.

13.4.5 Suivi des réparations

■ Procédure d'échange standard

Chaque fois qu'une pièce est considérée économiquement comme réparable, son remplacement doit être réalisé par échange standard. Cette procédure consiste à remettre au dépanneur une pièce neuve ou réparée en échange de la pièce défaillante qui va être envoyée en réparation à l'intérieur ou à l'extérieur de l'entreprise.

Il est évident qu'il n'est pas nécessaire d'attendre la réception de la pièce défaillante pour envoyer en retour une pièce neuve ou réparée. Il faut cependant prendre garde que l'intervenant sur le terrain, s'il est très motivé pour recevoir une pièce en état, l'est beaucoup moins pour renvoyer la pièce défaillante. Ce sera particulièrement le cas lorsque le magasin d'échange standard est éloigné. Or ce temps de retour va s'ajouter au temps de réparation dans le calcul du stock nécessaire au magasin d'échange standard. Un retard systématique à renvoyer les pièces défaillantes peut alors coûter très cher en sur-stock. Il est donc nécessaire d'organiser des procédures de retour rapides et surtout respectées, quitte à imposer des pénalités financières dans les cas où il y a des retards.

■ Garantie

Il est important de connaître si une pièce est encore sous garantie au moment d'une défaillance. La réparation est alors à la charge du fournisseur qui peut être obligé contractuellement soit à la réparer, soit à la changer immédiatement contre une neuve. Ceci peut se faire soit par l'inscription portée sur la carte, soit par un suivi individuel des pièces.

13.4.6 En-cours et stocks d'atelier

Tous les techniciens ont tendance à conserver un petit stock de pièces à côté d'eux soit dans une armoire de l'atelier, soit dans la camionnette de dépannage, soit à proximité de la machine à dépanner. Souvent ces pièces proviennent d'installations et ont le statut d'en-cours. Ces stocks sont inévitables et souvent nécessaires. Le danger est cependant que ces stocks, n'étant pas suivis, peuvent devenir très importants et inutiles. Ainsi il est normal qu'un technicien appelé en dépannage emporte les pièces qui peuvent lui être utiles ; il n'en utilisera qu'une partie ; il devrait alors rapporter les autres en magasin, mais il préférera souvent les conserver et ainsi se constituera une multiplicité de stocks extrêmement coûteux. De plus, on ne saura plus quelle utilisation est faite des pièces sorties de magasin. Il est donc nécessaire d'organiser de tels stocks de proximité.

On peut y remédier en créant un stock par atelier, mais la multiplication des stocks en cascade est dangereuse et les techniciens auront tendance à se constituer malgré tout un stock personnel en plus du stock d'atelier qui sera plus ou moins bien suivi. La liste par technicien ou atelier doit en être établie et suivie en ordinateur. Ainsi, si l'on ne trouve pas en magasin une pièce dont on a un besoin urgent, saura-t-on qu'il en existe une dans tel atelier. Lorsque le technicien utilise une telle pièce, il doit systématiquement renouveler cette pièce à partir du magasin en signalant, par une procédure *ad hoc*, l'utilisation qu'il en a faite. D'autre part toute pièce inutilisée et qui n'appartient pas à la dotation du technicien doit être rendue au magasin si elle n'a pas été utilisée. C'est une discipline indispensable mais souvent difficile à obtenir. Le système informatique doit permettre de tels mouvements de retours aussi bien que le suivi de chacun de ces stocks déportés.

Bibliographie

ARCHAMBAULT C., GOARIN R., LELIÈVRE A., MONFORT M.-L., PETITBON M., *Influence de l'environnement hygrométrique et thermique sur la fiabilité des équipements et de composants dans les unités de raccordement d'abonnés téléphoniques*, Proc. 2e Colloque sur la Thermique et l'Environnement, Perros Guirec, Juin, 1995.

COHEN A., ERNST R., SEMAL P., DORNIER P.-P., LEE J. et LUCCIONI J.-J., *Approche comparative des réseaux de distribution de pièces de rechange au niveau mondial*, Institut des hautes études logistiques, Paris, 1996.

COHEN M. A., ZHENG Y. S. et VIPUL A. *Service Parts Logistics Benchmark Study*, Center for Manufacturing and Logistics Research, The Warton School, University of Pennsylvania, 1994.

GABRIEL M., PIMOR Y., *Maintenance assistée par ordinateur*, Masson, Paris, 2e édition, 1987.

LELIÈVRE A., MONFORT M.-L., GUEGUEN L., PETITBON M., *May the failure rate of electronic components be considered as time-constant during the « mature » period* ? CNET, France Télécom, Lannion, 1993.

MONFORT M.-L., HAUMONT J.-L. *Croissance de la fiabilité des équipements électroniques des années 90*, Communication au Colloque Fiabilité et Maintenabilité, septembre-octobre 1996.

14 • LA LOGISTIQUE INVERSE (*REVERSE LOGISTICS*)

14.1 Recyclages et flux de retour

L'expression américaine est *reverse logistics* (RL). On désigne par là un flux qui ne « descend » pas la *supply chain* mais la « remonte » depuis le consommateur vers le producteur : retours, envoi en réparations, invendus, etc. Mais c'est aussi plus que cela, car l'expression recouvre aussi bien, et plus souvent, les déchets dont on doit se débarrasser le plus écologiquement possible sans qu'ils reviennent au producteur… On ne sait donc trop comment traduire *reverse logistics* en français : « logistique des retours » est souvent proposé mais ne correspond pas à tout ce qu'on veut désigner ; on a parfois proposé « logistique à rebours » ou « rétrologistique », mais nous avons préféré ici « logistique inverse », l'expression la plus proche de l'américain, même si elle n'est pas très appropriée à tous les flux concernés.

C'est un peu une nouvelle frontière de la logistique depuis quelques années. Les entreprises, après avoir amélioré leur logistique descendante normale, ont consacré beaucoup d'efforts à la logistique inverse et de nombreuses sociétés de services en ont fait leur cheval de bataille avec des résultats, semble-t-il, souvent intéressants.

La logistique inverse concerne en effet deux types d'activités tout à fait différentes mais qui ont toutes la caractéristique de ne pas être des flux de produits allant du producteur au consommateur :

– le recyclage dans l'économie de l'ensemble des déchets résultant de la consommation ou de la production :

- emballages de toutes sortes (palettes, cartons, bouteilles, tourets de câbles, containers, etc.) ;
- déchets de production, eaux usées, huiles usées, etc. ;
- produits en fin de vie, soit jetables, soit usés (automobiles, toners d'imprimantes, micro-ordinateurs, appareils ménagers, literie, etc.), qu'ils soient repris ou non par le vendeur ;
- ordures ménagères, bien que leur traitement ne soit pas, peut-être à tort, considéré comme ressortant de la logistique, etc. ;

– le traitement des flux de produits remontant plus ou moins directement un ou plusieurs maillons de la chaîne logistique :

- produits refusés par le consommateur en VAD ou e-commerce ;
- invendus (journaux, livres, articles démodés, restants de promotion, produits périmés ou en limites de péremption, etc.) ;
- produits défaillants à échanger ou réparer ;
- produits défectueux rappelés par le producteur, etc.

Tous ces produits ne reviennent donc pas nécessairement vers le producteur mais peuvent emprunter des voies très différentes avec l'intervention de nombreuses « tierces parties » : en effet la *supply chain* est, comme on l'a vu, bien plus qu'une chaîne, un réseau, souvent très complexe. Il suffit pour s'en convaincre d'examiner toutes les voies que peuvent emprunter les différentes parties d'une automobile en fin de vie, comme le montre le schéma de la figure 14.1 (établi d'après *Stratégie Logistique*, 1998). On notera que ces filières de logistique inverse résultent de plus en plus souvent d'interventions directes des constructeurs eux-mêmes qui, d'une part, font en sorte que la part non recyclable des VHU (véhicules hors d'usage) diminue progressivement et, d'autre part, organisent pour leurs concessionnaires des filières de récupération aussi bien pour les VHU que pour les PHU (produits hors d'usage) : huiles, liquides de frein et de refroidissement, filtres, pneus, cartons, bidons, pots d'échappement, pièces inutilisables, etc.

Une directive de la CEE de septembre 2000 a décidé que le taux minimal de réutilisation et de valorisation des déchets provenant des VHU devra représenter 85 % en poids moyen par véhicule et par an au 1er janvier 2006 et 95 % en 2015, les taux de réutilisation et de recyclage étant portés aux mêmes dates à 80 puis 85 %.

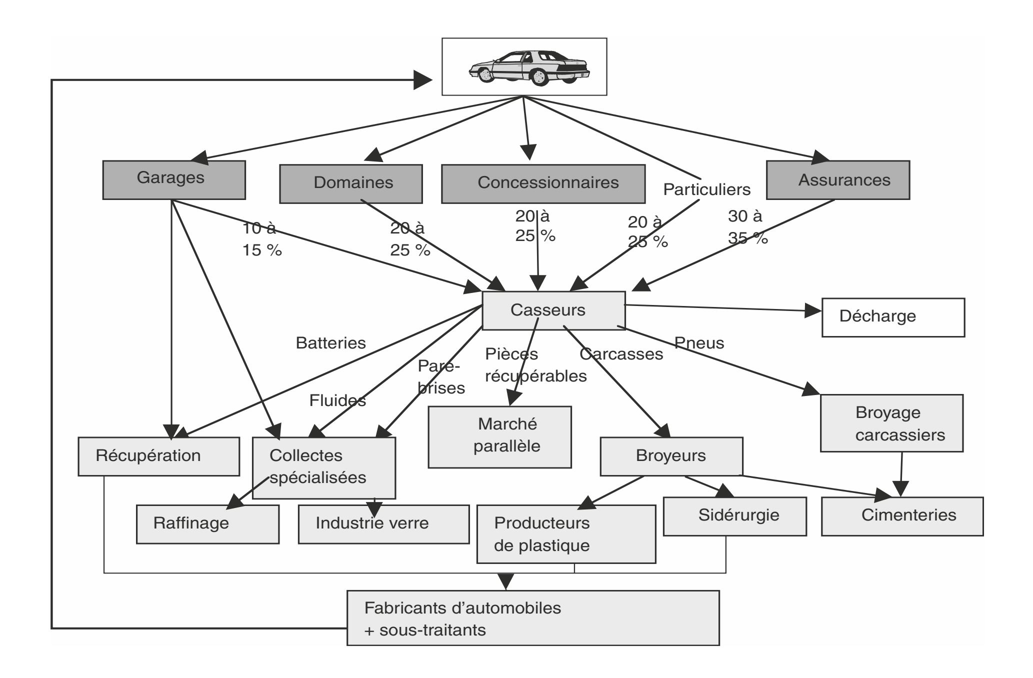


Figure 14.1 – Structure de la logistique inverse de l'automobile.

Un des points clés caractéristiques de cette logistique inverse est cependant le coût du transport des VHU qui ne permet pas de les ramener vers de grandes usines de désassemblage par marques, symétriques des usines d'assemblage.

La logistique inverse couvre donc beaucoup d'activités et de circuits très différents les uns des autres. Elle est apparue dès le début des années 1990 aux États-Unis sous l'angle du recyclage. Dès 1992, l'ASLOG introduisait le concept à propos de l'environnement à une époque où une importante réglementation voyait le jour en ce qui concerne les déchets industriels et banals (DIB). Et c'est surtout à travers cet aspect que l'on s'est préoccupé de la logistique inverse. Depuis quelques années cependant, le développement des concepts de *supply chain* a conduit beaucoup de logisticiens à se préoccuper de ces flux qui sont apparus extrêmement coûteux. Les déconvenues récentes du e-commerce sont d'ailleurs souvent dues à l'importance des retours qui grèvent les comptes des entreprises du B2C.

14.2 Environnement et logistique : l'élimination des déchets

Depuis une vingtaine d'années on a vu progressivement émerger dans le public un profond sentiment de la nécessité de défendre son environnement. Cette préoccupation de préservation de la qualité de l'environnement est sortie du cercle étroit des mouvements écologistes pour gagner l'ensemble de la population. Une enquête du Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie (CREDOC) met en évidence « l'apparition de nouveaux comportements des consommateurs qui sanctionnent désormais les entreprises et les produits générateurs de risques pour l'environnement ou pour la santé, dès qu'une difficulté est portée sur la place publique par les médias. Nous en avons en exemples récents les lessives avec ou sans phosphates, la révélation des pics de pollution dans les villes. » Le tableau 14.1 du CREDOC donne le pourcentage d'individus prêts à fin 1993 à payer plus cher les produits avec certaines caractéristiques.

Tableau 14.1 – Pourcentage d'individus prêts à payer plus cher certains produits

Produits	Reconnus comme meilleurs pour la santé	Reconnus comme préservant l'environnement	Fabriqués en France
Ensemble de la population	77 %	66 %	58 %

« 66 % de la population est prête à payer 10 % plus cher des produits préservant l'environnement. C'est le cas de 73 % des cadres et de 69 % des moins de 24 ans »[1]. On voit de grandes entreprises de distribution axer leurs campa-

1. Document interne à France Télécom : Tables rondes sur la protection de l'environnement, avril 1996.

gnes de publicité sur la suppression de la distribution de sacs en plastique aux caisses (Leclerc, juillet-août 96).

À cette évolution de l'opinion publique, correspond un développement important des législations européennes et françaises. Les textes reposent sur le principe du « pollueur-payeur » et désignent comme payeur la personne dont l'activité a été la source du dommage que constitue la pollution. S'agissant des déchets, on notera que la responsabilité de son élimination incombe à son dernier détenteur et que la mise en décharge des déchets autres qu'ultimes est interdite depuis le 1er juillet 2002.

On voit donc apparaître à la suite de cette évolution sociologique et réglementaire un nouveau secteur économique du recyclage qui modifie le schéma logistique global de l'économie (figure 14.2). Des entreprises nouvelles de démontage, valorisation et recyclage (dites ICPE pour installations classées pour la protection de l'environnement) apparaissent pour prendre en charge les déchets, qu'il s'agisse de déchets des consommateurs ou des entreprises de production et de distribution.

La valorisation a pris récemment une importance accrue du fait de la pression sur les matières premières en termes de prix et de ressources, les matières secondaires issues de cette valorisation présentant désormais un intérêt évident. Par ailleurs, la mise en exutoire final de déchets non recyclables et non valorisables pose des problèmes de capacité de stockage de ces déchets dits ultimes sans compter l'impact environnemental.

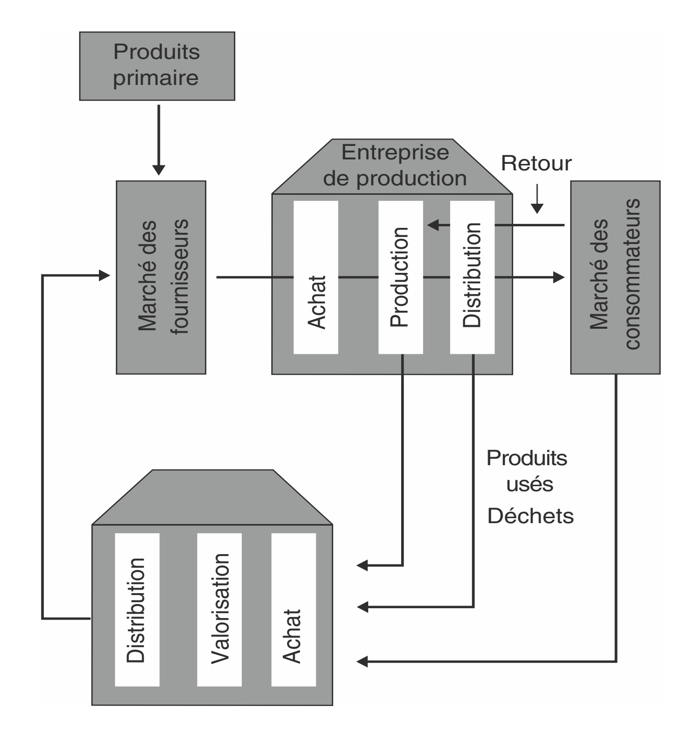


Figure 14.2 – Le nouveau schéma logistique global de l'économie (d'après F. Fredrich Sagurna, 1991).

On voit même apparaître des entreprises de négoce des déchets ou des produits recyclés. Les nouvelles entreprises de recyclage ne sont cependant pas économiquement équilibrées et il est nécessaire de procéder à un partage de leurs charges entre producteurs, distributeurs, consommateurs et collectivités avec des systèmes d'information par nature publics et relativement complexes. On notera que de telles organisations sont plus communes en Europe qu'en Amérique du Nord où la littérature logistique met plutôt l'accent sur la logistique des retours.

La logistique des retours se situe, elle, entre les consommateurs et les distributeurs et/ou les producteurs. Elle génère aussi des déchets et a, elle aussi, comme on le verra, suscité la création de nouvelles entreprises.

La figure 14.3 illustre la constitution de chaînes de valeur dédiées au recyclage des produits en fin de vie et la conséquence sur l'organisation de la chaîne logistique.

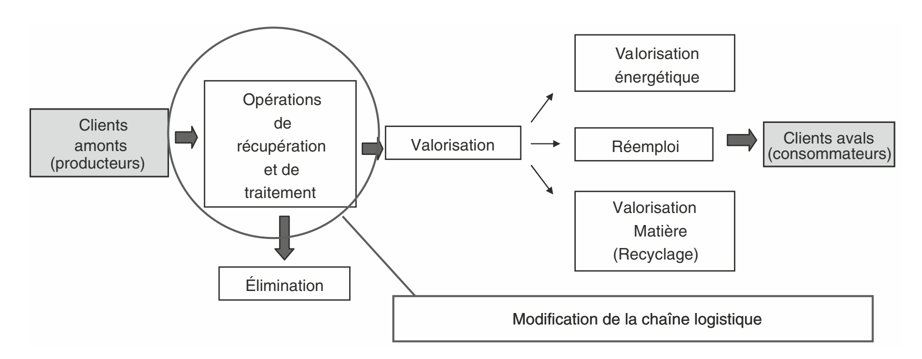


Figure 14.3 – Chaînes de valeur dédiées au recyclage des produits en fin de vie.

14.2.1 Le paradigme de la propreté

L'irruption de la TPM dans le monde industriel au cours de ces dix dernières années a mis en avant le concept de propreté symbolisé par 5 mots japonais commençant par S, « les 5 S ». Le point important est qu'il s'agit beaucoup plus que d'une mode ou d'une méthode.

Le développement des salles blanches dans l'industrie progresse d'année en année pour des raisons techniques, par exemple dans les ateliers de peinture des constructeurs automobiles. Les normes de l'agroalimentaire deviennent de plus en plus draconiennes. Mais en dehors de ces aspects techniques et réglementaires, se développe à travers les entreprises industrielles (et progressivement les autres) un esprit de propreté, d'ordre, de rigueur. On n'accepte plus la saleté et la TPM en est une des expressions les plus spectaculaires. On n'accepte plus non plus le désordre, les déchets accumulés n'importe où, les containers qui ne sont pas disposés sur des emplacements marqués, les parkings mal délimités, les machines portant des dispositifs qui ne sont plus utilisés, les documentations qui ne sont pas à jour (voir les certifications ISO 9002), les tableaux d'affichage couverts de documents périmés, les magasins encom-

brés de pièces inutilisées, les moteurs électriques couverts de poussière qui traînent dans les ateliers, etc.

Sur le plan logistique, cela va devenir une véritable responsabilité logistique de « nettoyer » les entreprises de tout ce qui ne sert plus : machines inutilisées, déchets, contenus d'innombrables armoires dont personne ne sait à quoi cela pourrait servir, petits stocks de pièces de rechanges non suivis et disséminés à travers les lieux de production et ateliers de maintenance, etc. Les services logistiques peuvent utiliser leurs camions de livraison pour récupérer tout ce qui est à évacuer lors des voyages de retour. Les magasiniers peuvent trier tout ce qui est ramené car les rejets ne peuvent plus être éliminés sans des procédures de tri sélectif. Il y a probablement beaucoup d'argent à gagner dans ces récupérations, mais il y a plus encore l'expression d'une volonté de propreté, d'ordre et de rationalité qui constitue un véritable paradigme industriel de notre époque. Il ne s'agit pas seulement de coût et de productivité mais de culture.

Dans une très grande entreprise, cette responsabilité se traduit par toutes sortes d'activités :

– définition des procédures de collecte et d'élimination des déchets dans le respect de la réglementation ;

– organisation des collectes différenciées avec mise en place de bacs spécialisés, définition des emplacements, procédures de recueil, etc. ;

– gestion comptable et administrative des déchets et autres récupérations ;

– revente des matériels devenus inutiles ;

– passation des contrats d'enlèvement, destruction, etc. ;

– organisation de campagnes pour vider les entrepôts et les ateliers de tous les matériels inutiles ;

– organisation de campagnes de mise à niveau des machines en enlevant tous les équipements ou pièces inutiles (« chasse aux monstres »).

14.2.2 Normes d'élimination des déchets

Si l'on traite seulement des déchets ici, il ne faut pas oublier qu'il y a de multiples autres rejets industriels qui doivent être surveillés et font l'objet d'une très abondante réglementation : effluents, bruits, émissions électromagnétique, etc. Jusqu'aux odeurs qui sont réglementées par un arrêté ministériel du 1er mars 1993 qui définit un « débit d'odeur » à ne pas dépasser en fonction de la hauteur des cheminées. Allons-nous vers une logistique des odeurs ?

En ce qui concerne les émissions électromagnétiques, on notera l'existence d'une pré-norme européenne CENELEC d'exposition ENV 50166-2 et les recommandations de l'ICNIRP (Commission internationale sur la protection contre les rayonnements ionisants). Ces nouvelles définitions concernent beaucoup d'équipements et doivent prises en compte dans les entreprises.

14.2.3 Différents types de déchets

Les textes distinguent trois types de déchets.

■ Ordures ménagères, déchets ménagers ou assimilés qui sont compostables ou biodégradables

Ils comprennent :

– les déchets engendrés par les ménages ou les ordures ménagères proprement dites,

– les résidus urbains particuliers (déblais, gravats, feuilles, etc.),

– certains déchets d'origine industrielle ou commerciale.

Ce sont des déchets (ménagers et assimilés) dont les impacts sur l'environnement et la santé humaine sont réputés mineurs. Ils sont qualifiés d'inertes et sont stables.

Les municipalités ont la latitude, d'après le Code général des impôts, d'imposer les établissements pour financer le ramassage des ordures ménagères. Le dernier détenteur doit donc payer la taxe sur les ordures ménagères. La collecte des ordures ménagères a coûté 14,8 milliards de francs aux collectivités locales et pourrait leur coûter 40 milliards de francs en 2010[1].

Au-delà des classifications normalisées, dans ce marché en émergence et en développement, il est souvent nécessaire d'établir ses propres nomenclatures en prenant en compte le type de gisements voire le mode de production des déchets. Le tableau 14.1 donne un exemple dans le domaine de la biomasse dont on parle beaucoup en matière de ressource énergétique. Face à la diversité du type de biomasse et des lieux de collecte ce type de travail est incontournable.

Tableau 14.1 .

Bois de recyclage	Catégorie A
	Catégorie B
	Catégorie C
Déchets verts	Refus de compostage
	Déchets verts ligneux
Bois forestier	
Biomasse sèche	Paille de céréales
	Déchets/résidus de culture
	Cultures dédiées
	Refus de criblage
	Souches & autres très gros branchages
	Déchets secs de l'industrie agroalimentaires

1. *L'Usine nouvelle*, mai 1996.

C

LOGISTIQUE DE SOUTIEN

Tableau 14.1 (suite).

Biomasse humide	Déchets de l'industrie agroalimentaires
	Déchets de la Grande Distribution
	Pet food et alimentation animale
	Déjections animales
	Boues

■ Déchets industriels banals (DIB) qui sont recyclables et qui peuvent servir à fabriquer des nouveaux produits

Il s'agit des déchets d'origine industrielle, assimilables à des déchets de consommation ou à des ordures ménagères dans la mesure où ils contiennent les mêmes composants principaux (papier, plastique, bois, tissu, cartons...) et qui ne sont ni inertes, ni dangereux. Il n'en existe pas de nomenclature. Toutefois la souillure de DIB par des éléments toxiques chargés de métaux lourds en fait des déchets spéciaux.

Leurs filières de traitement sont les mêmes que celle des déchets ménagers, bien que leur gestion doive tenir compte de leur éventuelle contamination par des produits chimiques. Les DIB sont admis en décharge.

Les emballages carton et plastique dont le volume est supérieur à 1 100 litres par semaine ne doivent pas être mélangés avec les autres déchets et leurs seuls modes d'élimination autorisés par un décret de 1994 sont la valorisation par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir des matériaux réutilisables ou de l'énergie.

Les entreprises doivent payer les taxes correspondant à l'élimination des DIB.

Ces déchets peuvent représenter des volumes considérables : plus de 2 000 tonnes par an pour un hypermarché de 10 000 m^2, 300 000 tonnes par an pour Carrefour. Une grande surface consacre en moyenne 0,12 % de son chiffre d'affaires à l'élimination de ses déchets. La tendance est cependant à essayer de réduire ces charges en réutilisant ce qui peut l'être. Les aliments les plus abîmés sont vendus à des zoos ou à des sociétés qui les transforment en farines ou autres produits pour animaux. Les aliments à quelques jours de la date de péremption sont parfois versés à des sociétés caritatives, ce qui constitue une forme de publicité civique. Ainsi Carrefour, Auchan, Metro et Casino ont signé des accords avec la Fédération des banques alimentaires.

Les déchets d'emballages industriels et commerciaux (DEIS) correspondent à une catégorie particulière des DIB. Il s'agit des déchets résultant de l'abandon des emballages d'un produit à tous les stades de la production ou de la commercialisation dès lors qu'il ne s'agit pas de la consommation ou de l'utilisation du produit par les ménages (cartons, palettes, caisses en bois, éléments de calage, etc.). Les entreprises peuvent les faire éliminer en décharge mais seulement dans des installations agréées. Lorsque leur volume hebdomadaire est supérieur à 1 100 litres, elles doivent en réaliser la valorisation par réemploi ou recyclage, soit elle-même, soit par un exploitant agréé.

■ Déchets industriels spéciaux (DIS)

Ce sont des déchets d'origine industrielle considérés comme toxiques et dangereux, dont la destination (élimination ou valorisation) nécessite des précautions particulières vis-à-vis de l'environnement, et dont les filières de traitement sont par conséquent spécifiques.

Ils sont définis par le décret 2002-540 du 18/04/2002 sur la nomenclature des déchets.

Cette nouvelle nomenclature française des déchets qui comprend des déchets dangereux, des déchets non dangereux et des déchets inertes, est composée de 20 catégories d'origine, subdivisées en 120 regroupements intermédiaires, eux-mêmes subdivisés en 645 désignations de déchets. Les entreprises doivent émettre un bordereau de suivi des DIS lorsque leur production mensuelle ou une expédition est supérieure à 100 kg. Elles doivent tenir un registre retraçant les opérations d'élimination des DIS. Une taxe dite TGAP (taxe générale sur les activités polluantes) est perçue par les entreprises de stockage ou de traitement des déchets qui les répercutent à leurs clients.

Les sociétés transportant et/ou éliminant ces déchets (ICPE) font l'objet d'un agrément ou d'une autorisation, renouvelé périodiquement.

Le dernier détenteur du déchet est tenu de s'assurer que les sociétés d'élimination auxquelles il confie ses déchets spéciaux remplissent cette condition.

Il existe des réglementations particulières pour certains DIS : huiles usagées, PCB et PCT, piles et accumulateurs usagés, pneumatiques usagés, déchets contenant de l'amiante, etc.

Une quatrième catégorie concerne les déchets ultimes que l'on ne peut pas traiter et qui sont mis en décharge.

14.2.4 Nomenclature des déchets et informations associées

Pour une meilleure définition des déchets, pour une gestion plus efficace et un contrôle plus étroit de leur devenir dans le circuit production-transport-élimination et pour établir un langage commun à l'ensemble des partenaires concernés par les problèmes de déchets, tout déchet est désigné par l'association de six chiffres :

– les deux premiers correspondent à la catégorie d'origine (20 catégories d'origine ont été identifiées de 01 à 20) ;

– les deux suivants précisent le secteur d'activité, le procédé ou les détenteurs dont il est issu (les regroupements intermédiaires sont constitués de 4 chiffres) ;

– les deux derniers chiffres désignent le déchet.

La classification des déchets est établie par le décret du 18 avril 2002. Les déchets dangereux sont signalés par un astérisque.

Le bordereau de suivi des déchets industriels (BDSI) est un document obligatoire dès que l'on dépasse :

– 100 kg par chargement de déchets dangereux ;

– 100 kg de déchets dangereux produits par mois.

La procédure est la suivante : au-delà du seuil de 100 kg (par chargement ou par mois), dès que les déchets dangereux sont cédés à un éliminateur, il faut :

– se procurer un BSDI conforme au modèle réglementaire ;

– remplir la partie du BSDI concernant l'émetteur des déchets et le remettre au collecteur ;

– que les entreprises prenant en charge les déchets remplissent la partie du BSDI les concernant ;

– qu'au final, l'installation destinataire des déchets retourne le BSDI rempli ;

– et enfin archiver les BSDI pendant 3 ans.

14.2.5 Responsabilité des producteurs ou détenteurs de déchets

Toute personne encourt une responsabilité en raison des dommages causés à autrui, notamment du fait de l'élimination des déchets qu'elle a détenus ou transportés ou provenant de produits qu'elle a fabriqués. Les pouvoirs publics peuvent assurer d'office l'élimination de déchets abandonnés ou traités contrairement aux dispositions réglementaires. Une responsabilité pénale peut être encourue par les responsables de ces entreprises.

Lorsque des déchets sont confiés à des tiers, la jurisprudence considère que le contrat n'est pas opposable aux pouvoirs publics. Il est donc nécessaire de passer des contrats prévoyant expressément les conditions d'élimination des déchets et le prestataire doit fournir un certificat de destruction pour chaque opération. La réglementation impose à l'entreprise la mise en place d'un système d'information et d'un dispositif de contrôle rigoureux tant qualitatif que quantitatif de suivi des flux de déchets. Un bordereau de suivi de déchets (CERFA n° 070320) est obligatoire pour certaines catégories de déchets définies par un arrêté du 4 janvier 1985.

14.2.6 Participation des fabricants de produits

Un décret de 1992 fait obligation à tout producteur, tout importateur ou, à défaut, à la personne responsable de la première mise sur le marché des emballages, de contribuer ou de pourvoir à l'élimination de l'ensemble des déchets d'emballage servant à commercialiser les produits qu'il lance sur le marché en vue de la consommation ou de l'utilisation par les ménages soit en pourvoyant lui-même à l'élimination des déchets, soit en recourant par contrat aux services d'un organisme ou d'une entreprise agréée. C'est un élément important car les déchets d'emballage représentent près de 40 % des déchets ménagers. Plus de 10 000 entreprises françaises qui commercialisent plus de 90 % des produits de grande consommation ont donc adhéré à une société privée Eco-emballages et versent 1 centime par emballage mis sur le marché. Cette société qui passe des contrats avec les collectivités locales doit parvenir à « valoriser 75 % des déchets d'emballage d'ici à 2002 ». Ce qui implique la valorisation par le recyclage (75 %) et l'incinération avec récupération d'énergie (25 %) des trois quarts des 9 millions de tonnes d'emballages jetés chaque année par les Français.

Mais le point majeur reste la conception de produits intégralement recyclables. Les constructeurs automobiles français ont signé un accord cadre en 1993 prévoyant que les déchets ultimes d'un véhicule hors d'usage ne devront plus représenter que 10 % du poids du véhicule après 2002 et 5 % plus tard. « Dès la conception d'un nouveau véhicule sont prévues les procédures de désassemblage décrivant le mode de démontage, la liste des pièces à récupérer et leur composition. Les procédures de désassemblage de la Renault Laguna ont ainsi été transmises aux démolisseurs au moment même de son lancement commercial » (Lamarque, 1997). Il est vraisemblable que cet aspect de conception des produits va devenir dans les prochaines années une obligation importante pour les industriels.

14.2.7 Développement de la réglementation européenne

La Commission européenne joue un rôle important dans le développement du droit de l'environnement, et c'est une excellente chose car nous pensons fondamentalement qu'en la matière on ne pourra réellement progresser qu'en changeant de manière profonde les comportements de l'ensemble des acteurs des chaînes de valeur et que cela se fera par une combinaison d'éducation, de coercition et d'incitation. Les industriels doivent donc s'en préoccuper car les directives deviennent ensuite obligatoires après ratification par chaque pays. Ces directives sont le plus souvent produites par types de déchets. Sans entrer dans les détails de chaque catégorie, on trouvera ici quelques exemples récents de telles directives.

■ VHU

– Le décret n° 2003-727 du 1er août 2003 relatif à la construction des véhicules et à l'élimination des véhicules hors d'usage est paru en France au *JO* du 5 août 2003.

– Au 14 janvier 2004, seules la Finlande et la Grèce n'avaient pas transposé la directive 2000/53/CE relative aux VHU. Quatre autres pays, dont la France, ont transposé partiellement la directive : d'autres textes réglementaires doivent être rédigés pour achever la transposition (arrêtés ministériels pour la France). La Commission européenne prépare un rapport sur la révision des objectifs de valorisation des VHU à l'horizon 2015.

– Calcul des taux de réemploi, recyclage et valorisation : la Commission européenne prépare une décision en application de l'article 7 de la directive 2000/53/CE relative aux VHU. Tous les États membres ont été consultés sur un projet.

– Préparation d'une nouvelle modification de l'annexe II de la directive européenne sur les VHU par la Commission européenne. Cette annexe liste les exemptions d'interdiction de l'utilisation des métaux lourds suivants dans les véhicules : plomb, chrome IV, mercure et cadmium.

– Standards à utiliser pour le codage des composants et matériaux (dans le cadre de la mise en œuvre de la directive) : la Commission européenne a rendu une décision.

– L'article R.322-9 du code de la route a été modifié pour renforcer la traçabilité de l'élimination des véhicules hors d'usage. La remise d'un véhicule hors

d'usage à un démolisseur agréé ou à un broyeur agréé fait l'objet d'un récépissé de prise en charge pour destruction qui sera remis au détenteur et dont copie sera faite à la préfecture. La destruction physique du véhicule donnera lieu à l'émission d'un certificat de destruction, qui sera envoyé à la préfecture. Sur la base de ce document, l'immatriculation du véhicule pourra être annulée. Ainsi, la notion de destruction administrative d'un véhicule n'existe plus : la destruction physique du véhicule hors d'usage doit maintenant être attestée. L'arrêté du 6 avril 2005, publié au JORF du 24 mai 2005 fixe les conditions d'application de l'article R.322-9 du code de la route modifié. Cet arrêté entre en vigueur le 24 mai 2006.

■ Pneumatiques

Le décret n° 2002-1563 du 24 décembre 2002 complété par l'arrêté du 8 décembre 2003 et l'arrêté du 23 juillet 2004 relatif à l'élimination des pneumatiques usagés a été pris en accord avec le droit européen. Il précise :

– qu'il est interdit d'abandonner ou de brûler des pneus dans la nature ;

– que tout pneu neuf vendu en France de quelque façon que ce soit, doit être valorisé ;

– que dans la limite des tonnages de leurs ventes de l'année écoulée, les producteurs doivent collecter ou faire collecter, puis traiter ou faire traiter à leurs frais, les pneus usagés qui sont détenus par les distributeurs ou présents dans les entreprises et collectivités locales détentrices ;

– que les producteurs peuvent se regrouper pour assumer collectivement leurs obligations techniques et financières de la collecte et de l'élimination des pneus usagés ;

– que les distributeurs de pneus neufs doivent reprendre gratuitement les pneus usagés dans la limite de leurs ventes annuelles ;

– que l'élimination des stocks constitués avant la date d'application du décret est à la charge de leur détenteur.

– que les collecteurs et les exploitants d'installation d'élimination soient agréés par les préfets ;

– que les détenteurs de stocks de pneus usagés constitués avant l'entrée en vigueur du décret doivent les éliminer avant le 1er juillet 2009.

Il y est défini qui sont les différents acteurs et leurs obligations respectives : les producteurs, ou ceux qui mettent des pneus neufs sur le marché français, les distributeurs, ou ceux qui vendent des pneus neufs, les détenteurs, entreprises qui possèdent des pneus usagés pour leurs activités, les collecteurs, entreprises qui assurent le ramassage, auprès des distributeurs et détenteurs, de pneus usagés, leur regroupement, leur tri, ou leur transport jusqu'à une installation d'élimination.

Les valorisations autorisées sont : le réemploi, le rechapage, l'utilisation pour des travaux publics de remblaiement ou de génie civil, le recyclage, l'utilisation comme combustible, l'incinération avec récupération d'énergie, l'utilisation pour ensilage par des agriculteurs, le broyage ou le découpage uniquement en vue de valorisation. L'élimination ne peut se faire que dans des installations agréées (ou leurs équivalents européens).

L'arrêté du 8 décembre 2003 relatif à la collecte des pneus usagés précise les conditions de délivrance de l'agrément préfectoral aux collecteurs. Celui du

23 juillet 2004 concerne la communication d'informations relatives à la mise sur le marché et l'élimination des pneumatiques. Il impose aux producteurs la déclaration annuelle des flux mis sur le marché, collectés et envoyés pour le traitement.

En 2005, près de 125 producteurs de pneus neufs ont confié à la société Aliapur, créé début 2002 le soin de gérer les pneus en fin de vie à hauteur des tonnages qu'ils sont mis sur le marché (environ 340 000 tonnes en 2005). Aliapur traite 85 % des tonnages.

■ Emballages

La directive 2004/12/CE du 11 février 2004 modifie la directive 94/62/CE relative aux emballages et aux déchets d'emballages. Les principaux changements concernent les objectifs à atteindre :

– taux de valorisation : 60 %,

– taux de recyclage : entre 55 % et 80 %,

– recyclage par matériau : verre 60 %, métaux 50 %, plastiques 22,5 %, bois 15 %,

avec une échéance au 31 décembre 2008, dérogatoire pour trois États membres (Portugal, Grèce, Irlande) au 31 décembre 2011, et à fixer ultérieurement pour les pays en voie d'adhésion.

Dans l'atteinte du taux de valorisation, l'incinération des déchets avec valorisation d'énergie peut être comptabilisée. Pour les plastiques seuls, les matériaux qui sont recyclés sous forme de plastique sont comptabilisés. À l'export, hors Union européenne, le recyclage ne peut être pris en compte que s'il se déroule dans des conditions largement équivalentes à celles prévues par la législation communautaire en la matière. Par ailleurs le texte précise la définition de la notion d'emballage, renforce l'incitation à ce que les États membres prennent des mesures de prévention (mais sans fixer de moyen ni d'objectif).

■ Équipements électriques et électroniques

Les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) regroupent tous les objets ou les composants d'objets qui fonctionnent grâce à des courants électriques ou électromagnétiques que ces courants soient fournis par branchement sur une prise ou à travers des piles ou des batteries. En France, 1,7 à 2 millions de tonnes de déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) sont produits par an, par les entreprises et les ménages, ce qui représente 23 kg de DEEE/an/habitant dont 2/3 en provenance des ménages. Cette production connaît une augmentation annuelle de 3 % à 5 % (Source : ADEME).

Aux côtés des métaux et du plastique, les DEEE peuvent contenir des produits polluants ou dangereux pour la santé comme le cadmium, plomb, mercure, des fluides frigorigènes ou encore de l'amiante. C'est d'ailleurs pour cette raison que l'Union européenne a décidé de mettre en place en 2003 une réglementation visant à assurer une récupération de ces polluants et à limiter les atteintes à la santé et à l'environnement. Deux directives distinctes ont été adoptées fin 2002 par le Conseil et le Parlement Européen, puis diffusées au journal officiel des Communautés européennes début 2003 : la directive 2002/96/CE du 27 janvier 2003 et la directive 2002/95/CE dite ROHS. La première reprend le principe du pollueur-payeur des fabricants, responsables du cycle de vie des produits et du financement de leur collecte alors que la deuxième concerne,

elle, l'élimination à la source de certains matériaux dangereux comme le cadmium, le mercure, le chrome, le plomb, ou le brome…

Alors qu'elles devaient être transposées en droit français pour août 2004, la France ne les a transposées qu'en juillet 2005 à travers le décret n° 2005-829 du 20 juillet 2005, transposition un peu tardive lorsqu'on sait qu'elles sont entrées en vigueur le 13 août 2005. Ainsi depuis cette date, les DEEE doivent être collectés et valorisés par des organismes agréés au frais des producteurs concernés. Il faut désormais que les DEEE issus des véhicules hors d'usage soient dirigés vers un établissement agréé pour leurs traitements. Par ailleurs, la réglementation ROHS (Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment) cherche à éliminer ou à limiter l'usage de substances dangereuses (plomb, mercure, cadmium,…) dans les DEEE depuis le 1er juillet 2006.

Les objectifs visés par cette réglementation sont triples :

– réduire la toxicité et les quantités des produits de la filière DEEE ;

– promouvoir la réutilisation ;

– responsabiliser les producteurs.

Pour mettre en œuvre de manière opérationnelle cette filière de recyclage, quatre éco-organismes ont été agréés pour les DEEE ménagers. Chacun d'entre eux rassemble plusieurs producteurs :

– ERP (Braun-Gilette, Electrolux, HP, Sony…) ;

– Ecologic (Brother, Epson, Fujifilm, Kodak, Pioneer et Sagem…) ;

– Eco-systèmes (Gifam, FCD et Simavelec…) ;

– Recylum (Général Electric, Philips, Osram, Sylvania…).

Le démarrage pour les DEEE ménagers est opérationnel depuis le 15 novembre 2006 et s'est traduit pour le consommateur par le paiement d'une éco-taxe pour l'achat de tout appareil DEEE.

14.3 Audit de l'élimination des déchets dans une entreprise industrielle[1]

Face aux échéances d'application des nouvelles règles et aux risques de sanction, les entreprises industrielles sont obligées de prendre en compte ce problème de l'élimination des déchets et des effluents. On peut essayer de résumer les différentes phases d'une action d'audit visant à déterminer ce qu'il faut faire dans l'entreprise pour mieux gérer ce problème.

Le producteur de déchets qui exploite une installation classée doit réaliser une étude « déchets » dans le cadre de son étude d'impact.

L'objectif de l'étude déchets est de maîtriser et limiter la production des déchets industriels à la source, avec une limitation « au minimum techniquement possible » du flux de déchets ultimes. Cette étude contribue également à assurer une meilleure connaissance des flux de déchets et des décharges

1. Voir sur ce sujet Sanchez, 1995, à qui nous empruntons l'essentiel de la méthodologie.

internes aux entreprises. Conformément à la circulaire du 28 décembre 1990, l'étude déchets doit comporter trois volets :

– une description de la situation existante dans l'installation ou l'entreprise concernant la production, la gestion et l'élimination des déchets, sur les plans technique et économique ;

– une étude technico-économique des solutions alternatives afin de diminuer les flux et la nocivité résiduelle des déchets ;

– la présentation et la justification des filières d'élimination retenues.

Nous donnons en bibliographie les modules et progiciels de l'ACFCI relatifs à ces études.

14.3.1 Analyse de l'unité de production sous l'angle des déchets, effluents et fumées

– Analyse des processus de l'unité de production en repérant tous les éléments liquides, solides ou gazeux qui entrent dans les processus, les flux à travers les ateliers et les sorties de chaque processus.

– Recensement de tous les ateliers et îlots de production : pour chacun d'entre eux déterminer les productions de déchets et effluents.

– Analyse des causes d'apparition de ces déchets, effluents et fumées.

– Recensement à part de tous les déchets provenant d'emballages de matières premières.

14.3.2 Analyse des procédures actuelles de conditionnement et stockage

– Analyser les procédures actuelles de conditionnement et stockage.

– Repérer les parcs de stockage (capacité, type et durée de stockage, dispositions prises pour lutter contre la pollution du sol et du sous-sol).

– Déterminer la marge de capacité de stockage prévue pour faire face à une indisponibilité de la filière d'élimination.

– Établir la liste des sociétés susceptibles de stocker ces déchets.

14.3.3 Analyse des déchets

Il s'agit de réaliser une fiche par type de déchet en relevant :

– la désignation et les références à la réglementation les concernant,

– la quantité produite par période y compris les variations saisonnières,

– son mode de conditionnement,

– son aspect physique, densité et couleur,

– ses composants toxiques ou dangereux et leurs proportions,

– les produits qui résulteraient de leur mélange avec l'eau, un acide, un oxydant (combustion),

– les risques résultant d'incidents de production, inondations, incendies, etc.

14.3.4 Analyse du traitement des déchets, effluents, fumées

Description des opérations de traitement pratiquées à l'intérieur de l'entreprise. Pour chaque déchet, effluent et fumée, il faut définir :

– le service responsable de la collecte, du conditionnement, du stockage et de l'évacuation,

– l'issue qui lui est donné (recyclage, valorisation, traitement en vue de l'élimination, etc.),

– les entreprises chargées de l'élimination de ces déchets ou effluents,

– les quantités traitées annuellement et les coûts du traitement.

Pour chaque déchet, on détermine le bilan financier de sa collecte, de son conditionnement, de son stockage, de son transport et de son traitement (y compris une revente éventuelle de certains déchets).

Ces informations sont à reporter sur les fiches précédentes réalisées au moment de l'analyse des déchets.

14.3.5 Propositions d'amélioration

Pour chaque déchet on étudie sa situation vis-à-vis de la réglementation actuelle et future et son coût.

On s'attache d'abord à trouver des solutions en ce qui concerne les déchets pour lesquels l'entreprise pourrait être en infraction permanente, passagère ou future. On étudie ensuite les déchets dans l'ordre de l'importance de leurs coûts de traitement.

On peut chercher à réduire ou même supprimer la quantité d'un déchet :

– en recherchant les améliorations du rendement du processus de production,

– par l'utilisation de matières premières n'utilisant pas de composants contaminants ou en plus faibles proportions,

– par l'utilisation de produits auxiliaires moins contaminants (changement de détergents ou de dissolvants, etc.),

– par la modification du processus de production,

– par la modification des équipements auxiliaires (chaudières, compresseurs, etc.),

– par l'amélioration de la maintenance et particulièrement la mise en place de l'automaintenance (inspection, révision et nettoyage périodique des équipements),

– par le recyclage en interne des produits utilisés,

– en effectuant un pré-traitement interne des déchets afin de réduire la quantité à traiter en externe,

– en contrôlant systématiquement la nature et la composition des déchets, etc.

On peut aussi s'attacher à trouver de nouveaux modes d'élimination plus efficaces et/ou plus économiques :

– traitements en interne,

– nouveaux sous-traitants,

– renégociation des contrats anciens, etc.

On peut aussi sensibiliser le personnel et le former :

– pour éviter qu'il ne jette des matières dangereuses à l'égout,

– pour qu'il s'attache à respecter les normes de tris de déchets,

– pour qu'il s'attache à surveiller mieux la production, etc.

14.4 L'audit du recyclage global des produits fabriqués et de leurs emballages

On a vu comment les constructeurs automobiles avaient été conduits sous la pression de l'Union européenne à engager de véritables politiques de recyclage de leurs produits, les automobiles. Toute entreprise de production se doit désormais d'étudier le cycle *reverse* de ses produits et de leurs emballages. Une telle analyse se doit d'étudier :

– l'environnement réglementaire de ses produits et de leurs emballages et conditionnements et les évolutions réglementaires prévues à moyen terme ;

– le recyclage possible de chacun des composants du produit en fin de vie ;

– les modes de destruction possibles pour ce qui n'est pas directement recyclable ;

– les recyclages possibles des conditionnements et emballages : on notera que de telles études conduisent souvent à privilégier des emballages réutilisables plutôt que les emballages perdus antérieurs (palettes, cartons, etc.). Il y a là des sources d'économie affichées souvent importantes, à condition de bien prendre en compte l'ensemble des coûts et particulièrement les coûts de transport de retour ;

– les modes de coopération nécessaires à cet effet avec les distributeurs à chaque niveau et les entreprises spécialistes de retours qui peuvent intervenir.

14.5 La logistique des retours

La logistique des retours doit prendre en charge tout ce qui revient des consommateurs ou des distributeurs vers le fabricant. C'est un des domaines les plus nouveaux de la logistique car il a pris toute son importance avec d'une part le développement du e-commerce générateur d'importants flux de retour et avec d'autre part la mise en place des nouveaux ERP ou autres *supply chain management systems* lorsque l'on s'est vite aperçu que cette partie de la logistique était un peu oubliée.

14.5.1 Le problème de la logistique des retours

C'est cependant un domaine complexe, comme le montre la figure 14.3, et les flux, pour être importants et coûteux, sont cependant moins importants que les flux normaux de production et distribution :

– Les distributeurs doivent reprendre les articles restitués par les consommateurs.

– Les producteurs doivent assez souvent reprendre des produits rendus par les distributeurs :

- invendus repris périodiquement, 20 à 30 % des journaux par exemple, 10 à 20 % des livres ;
- invendus des ventes saisonnières ; articles de mode, jouets de Noël, etc. ;
- excédents des promotions ;
- articles en fin de vie ou supprimés des catalogues.

– Ils doivent aussi reprendre les articles défaillants restitués par les consommateurs soit par l'intermédiaire des distributeurs, soit directement s'ils en ont ouvert la possibilité aux consommateurs.

– De plus en plus souvent les producteurs doivent rappeler des produits qui présentent des défauts de conception ou de fabrication et peuvent être dangereux.

Assez souvent cette gestion des retours est assurée par les services logistiques des entreprises de production et de distribution dans les mêmes entrepôts et avec les mêmes moyens que pour les tâches principales. Cette gestion est donc souvent négligée : les matériels retournés s'accumulent, des produits qui ne devraient pas être repris le sont, le traitement de ces articles se fait en fonction du temps disponible des personnels et les retards s'accumulent, les réparations tardent, le suivi informatique des articles retournés se fait mal car le système informatique n'a pas été prévu à cet effet ; les opérations effectuées par du personnel non spécialisé sont

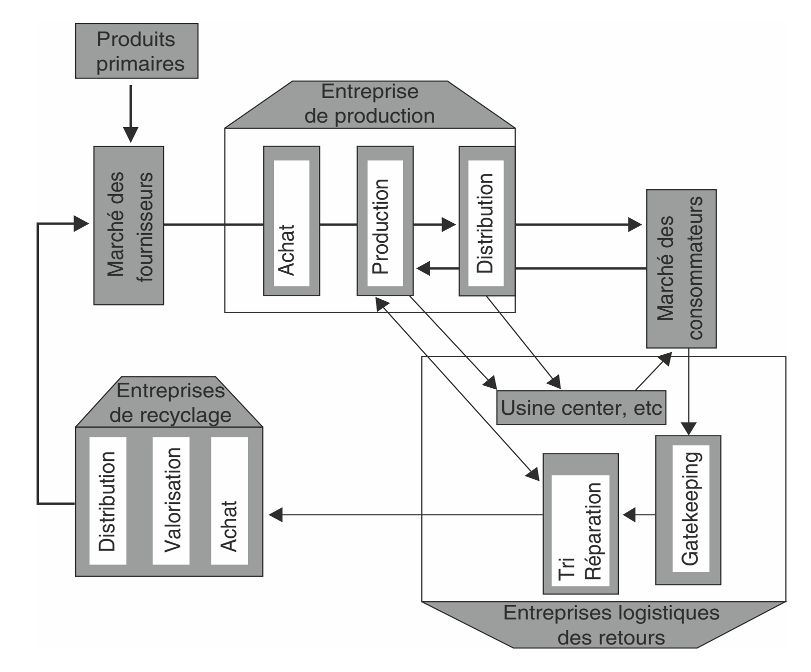


Figure 14.4 – Le nouveau schéma logistique global de l'économie : la logistique des retours.

longues et donnent lieu à de nombreuses erreurs, la qualité du service rendu n'est pas réellement mesurée et le coût de cette gestion est inconnu ou très sous-estimé.

Les entreprises peuvent donc être tentées de se débarrasser de ce problème :

– soit en confiant le soin de traiter ce problème aux distributeurs, ce qu'on appelle souvent la « politique de retour-zéro » : elles proposent alors aux distributeurs une marge supplémentaire à cet effet à charge de faire réparer ou condamner les produits repris et de les rembourser si nécessaire. La difficulté est de se mettre d'accord entre distributeur et fabricant sur le montant de cette marge : 2 % comme peut le proposer un producteur, ou 6 %, la contre-proposition du distributeur, la négociation conduisant plus souvent à se rapprocher des propositions des distributeurs (Rogers, Tibben Lembke, 2003). Mais les grands distributeurs se retrouvent alors face à un problème qu'ils sont mal outillés pour résoudre et ils peuvent être tentés de l'externaliser ;

– soit en externalisant le traitement des retours ; il s'agit en effet de tâches complexes pour lesquelles des entreprises spécialisées peuvent être plus performantes. De nombreuses entreprises se sont donc développées sur ce marché, particulièrement en Amérique du Nord mais aussi en Europe.

14.5.2 Les entreprises spécialisées dans la logistique des retours

Il s'est d'abord constitué des *third party logistics* qui se sont spécialisées dans le stockage et le tri des produits retournés. Travaillant pour plusieurs entreprises et bénéficiant donc d'un avantage de taille tant pour le traitement des produits et leur manutention que par la massification des transports, elles disposent en outre de procédures bien rodées en ce domaine et de systèmes informatiques spécialisés. Des *centres de retours*, à l'imitation des *central return centers* (!) de l'entreprise nord-américaine GENCO, se sont ainsi constitués. Ces centres réalisent les opérations de tri et d'inspection ci-dessus et dirigent les produits vers des filières spécialisées. GENCO a assuré le service complet de *return logistics*, y compris la logistique des retours, pour K-Mart aux États-Unis.

Chaque filière a bien entendu ses *entreprises de réparation* aptes à établir un diagnostic des produits défaillants, puis à les réparer ou les soumettre à une simple cosmétique (voir infra) ou même à les condamner selon les cas. Ces tâches sont souvent mieux assurées par des entreprises spécialisées que par les usines de production qui ne sont pas organisées à cet effet. D'autre part ces tâches de main-d'œuvre ont tendance à émigrer vers des pays à main-d'œuvre bon marché et on a ainsi vu la réparation des cartes électroniques quitter la France pour l'Espagne puis vers d'autres pays, encore que les améliorations de fiabilité de ces dernières années ont encouragé à renoncer à réparer les cartes de valeur faible ou moyenne.

Le développement du e-commerce et l'incapacité de nombreuses entreprises de ce nouveau domaine à traiter des flux de retours importants ont conduit à la création de véritables *places de marché « retour »*. L'idée était de passer des accords avec les fabricants sur les conditions de reprise des matériels et sur les filières de leur traitement puis de mettre à disposition soit des détaillants soit du public un portail de prise en charge des produits à retourner. Il suffit alors d'entrer dans le système l'identification du fournisseur et de son produit pour connaître les possibilités de reprise et de remboursement. Ces 4PL d'un nouveau type prennent alors

en charge la reprise des colis, la fourniture des emballages, le transfert des informations avec le producteur en EDI – assez souvent sur le Net – et l'ensemble des opérations nécessaires à la reprise. De nombreuses autres prestations peuvent être assurées pour le compte des fabricants ou distributeurs : tris, contrôle des conditions de garantie, stockage, regroupement, revente des produits à des filières de commercialisation secondaires (voir infra), destruction avec recyclage, facturation et remboursements, établissement de statistiques, etc. Certaines entreprises de ce type sont spécialisées par branches, par exemple la pharmacie aux États-Unis, d'autres sont des généralistes.

On a vu aussi se développer tout un secteur de commercialisation secondaire pour revendre les produits que le fabricant ou le distributeur ne peuvent réintégrer directement aux flux normaux : fin de série, excédents de promotions, invendus d'habillement en fin de saison, articles réemballés après cosmétique, etc. C'est le cas des *Usines Centers* ou des *soldeurs*. Ces filières organisées de valorisation (*Asset Recovery Service*) prennent toute leur importance avec les retours massifs d'articles invendus pendant les périodes de ventes saisonnières (à Noël jusqu'à 20 % de certains articles par exemple).

Ainsi Géodis a développé une offre « General Contractor » pour optimiser la gestion des produits en cours et fin de vie qui est une structure centralisée à compétence européenne qui :

– identifie, audite, sélectionne et pilote les différents prestataires : collecte, transport, logistique, traitement, etc. ;

– coordonne des équipes au niveau national en charge des opérations ;

– garantit une parfaite conformité législative ;

– assure la traçabilité de l'ensemble du processus : BSD, statistiques réglementaires, etc.

Dans cette approche, Geodis se positionne en tant qu'intégrateur de solutions qui pilote l'ensemble de la chaîne reverse, en utilisant de façon conjointe ses propres ressources et les meilleurs opérateurs sur le marché. Il s'agit donc d'une logique 4PL.

14.5.3 Les tâches de la logistique des retours

Les tâches de la logistique des retours, qu'elles soient effectuées par des industriels, des distributeurs ou pour leur compte par des entreprises spécialisées, sont nombreuses, souvent complexes et prêtent à de nombreux incidents ou erreurs. On peut cependant essayer de les analyser logiquement tout en sachant que chaque filière est un cas particulier et doit se traduire par son organisation propre, ses procédures et ses techniques.

La détermination optimale des moyens et des infrastructures logistiques doit faire appel à des modélisations assez fines qui prennent en compte les coûts unitaires voire les revenus des différentes étapes, les volumes qui souvent sont assez faibles au démarrage de la mise en œuvre de la solution et les fréquences des opérations le long de la chaîne. Plus que jamais, les solutions doivent maximiser les mutualisations pour dégager les économies d'échelle et valoriser au mieux des solutions respectueuses de l'environnement ce qui signifie en matière de transport l'utilisation du ferroviaire et de la voie d'eau. L'objectif de tel modèle est d'identifier :

– les meilleures Route-To-Market (selon une démarche similaire à celle que nous avons exposées dans le chapitre 9 sur la distribution) depuis le point de collecte et jusqu'à la réintégration dans un circuit de valorisation ou vers l'exutoire comme le montre la figure 14.5 illustrant le circuit logistique générique des déchets.

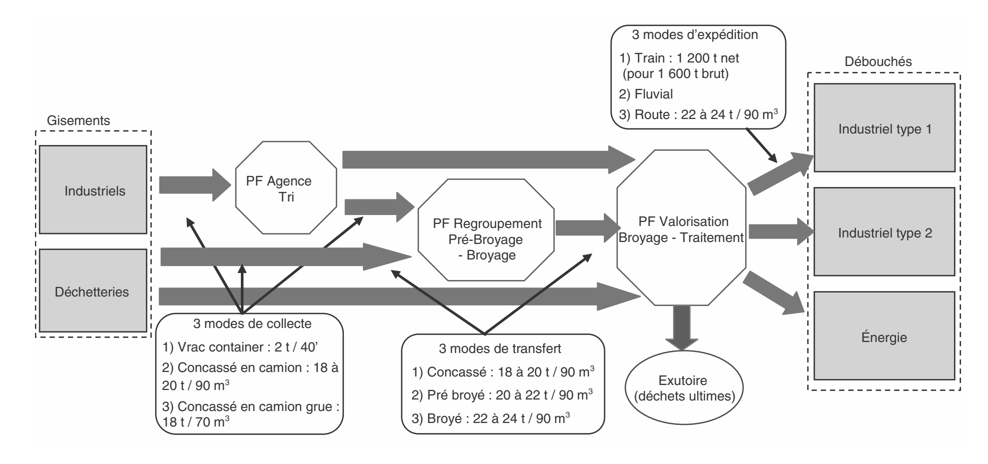


Figure 14.5 – Circuit logique générique des déchets.

On cherchera à maximiser les flux directs en évitant les ruptures de charge à condition que les contenants de transports soient pleins. Dans le cas contraire, un circuit mobilisant 1 voire 2 infrastructures logistiques de consolidation constituera la bonne solution en termes de coût.

– le réseau des plateformes de regroupement (PFR) en aval des points de collecte dont l'objectif est de massifier les flux et d'obtenir des tractions de transport en contenants complets et des plateformes de valorisation au sein desquelles des opérations de tri sur des déchets en mélange, de démantèlement sont effectuées. Une étape ultérieure passant par des sites industriels de valorisation pour certains types de déchets peut être nécessaire. Il est clair que eu égard à la très faible valeur de ces déchets il faut rechercher une minimisation des tonnes-kilomètres. Des abaques de positionnement de ces infrastructures sont réalisés comme le montre la figure 14.6.

■ Le *gatekeeping*

On appelle ainsi un ensemble de tâches qui vont permettre d'initialiser la procédure et de vérifier que l'article reçu doit bien entrer dans cette procédure, d'où le nom de *gatekeeping* (contrôle du portier). Ces tâches peuvent être accomplies avec des modalités différentes par le détaillant qui a vendu l'article ou par un centre de retours relevant du fabricant, du distributeur ou d'un 3PL spécialisé.

Identifier le matériel (fabricant et nomenclature). L'identification du fabricant est le plus souvent simple. Mais il faut aussi procéder à la détermination du numéro de nomenclature de l'article (GTIN du code EAN-UCC) et plus encore de son numéro de série. Ces informations peuvent être saisies directement par lecture d'un code barres, qui peut d'ailleurs permettre d'entrer ensuite à travers le Net dans une procédure standardisée de *gatekeeping* (voir infra).

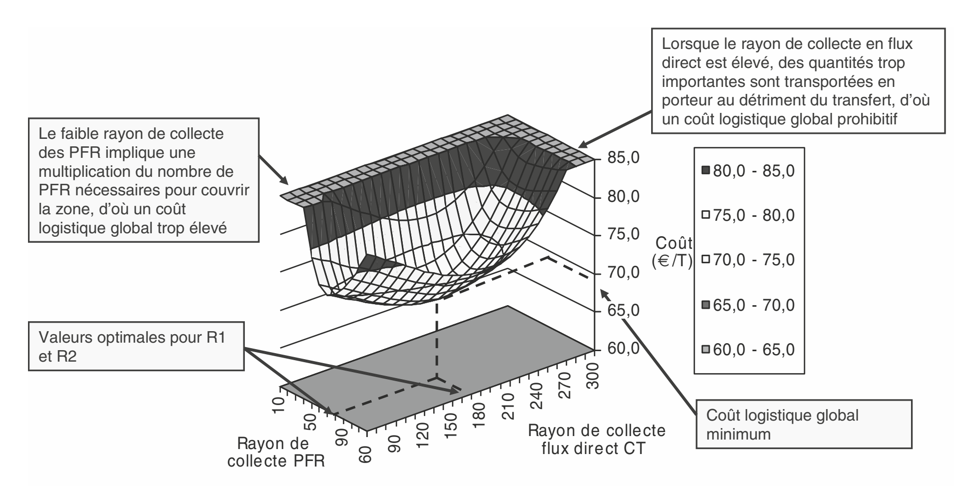


Figure 14.6 – Abaques de positionnement.

Enregistrer la cause de la restitution. Parmi ces retours, il y a des articles en panne mais le taux des NFF (*No Fault Found* – en français RAS pour rien à signaler) peut être particulièrement important. Nooyl et Dhar citent le cas d'un grand manufacturier nord-américain qui découvrit que ses principaux distributeurs faisaient passer systématiquement pour des défaillances techniques leurs invendus de façon à bénéficier de conditions de garantie plus avantageuses que celles de reprise des matériels en bon état. Il est même arrivé que certains articles aient été manifestement endommagés par leur détenteur pour en obtenir le remboursement. Il peut être important dans le cas d'une défaillance d'enregistrer un certain nombre d'informations qui permettront de guider le diagnostic et d'effectuer des statistiques de fiabilité : circonstances de la défaillance, durée de service avant défaillance, etc. En France la loi Scrivener permet au consommateur de renvoyer pendant 7 jours – à ses frais cependant – l'achat en VAD ou e-commerce qui ne lui convient pas. On note que l'e-commerce entraîne des taux de retours importants. Les photographies sur écran ne donnent pas toujours à l'acheteur une idée exacte de la couleur d'un vêtement ou de la taille d'un article. L'acheteur a pu trouver par la suite un article moins cher ou qui lui plaît mieux sur un autre site. De plus, l'acheteur qui n'est pas assisté par un vendeur peut avoir du mal à utiliser le produit et le retourne en pensant qu'il ne marche pas. Ce RAS n'apparaîtra que plus tard lors du diagnostic en centre de retours ou même chez le réparateur.

Vérifier l'achat. Il est utile de vérifier que l'article a bien été acheté au distributeur. La présentation de la facture par celui qui restitue l'article, est le moyen le plus courant mais il arrive souvent que le client n'ait plus cette facture ni le bon de garantie.

Vérifier éventuellement la garantie. La garantie d'un article est pratiquement toujours limitée à une période. Le point de départ de cette période est normalement l'achat ou parfois la date de mise en service mais l'on ne connaît pas toujours la date d'achat et pratiquement jamais la date de mise en service. On connaît parfois la date de fabrication à partir du numéro de l'article (*serial number*). Il est donc indispensable de mettre en place un système d'enregis-

trement de la date d'achat avec, par exemple, un bon de garantie visé et daté par le vendeur que le client conserve avec le produit même si, très souvent, il ne l'aura plus lorsqu'il s'agit d'un retour pour défaillance.

Une des meilleures façons de s'assurer que l'article a bien été acquis chez le distributeur et de vérifier la date de garantie, est pour le fabricant la réalisation d'un fichier central des ventes enregistrant pour chaque vente le numéro de série de l'article, la date et le lieu de vente. Il suffit de consulter ultérieurement ce fichier pour effectuer les contrôles précédents. La difficulté est de faire en sorte soit que l'utilisateur renvoie le bon de garantie au fabricant (mais c'est rarement le cas), soit que le vendeur du distributeur saisisse ces informations, par exemple à travers le Net. Certains fabricants rémunèrent le distributeur pour cette tâche, par exemple un demi-dollar pour chaque produit enregistré. Il va de soi cependant qu'une telle procédure ne peut être mise en place que pour des produits ayant une valeur importante : véhicules, électronique, ordinateurs, etc.

Déterminer la réceptivité de ce matériel et la suite à donner. La suite à donner peut être très variable selon l'article, son statut (défaillant ou non défaillant, avec ou sans garantie, etc.) et ce que l'entreprise a décidé. Il peut y avoir en ce qui concerne le client : échange standard, remboursement, prêt d'un autre appareil, envoi pour réparation individualisée, etc. L'article peut être détruit (selon une procédure déterminée) ou envoyé au centre de tri ou stocké provisoirement pour un envoi regroupé.

Vérifier l'état apparent du matériel et la présence de tous les constituants. Vérifier que tous les éléments d'un appareil retourné sont présents n'est pas simple. Lorsque le produit provient d'un distributeur, celui-ci devrait s'assurer par exemple qu'un appareil électronique a bien son cordon d'alimentation, sa télécommande, etc. Encore faut-il que le distributeur sache, pour chacun des appareils qu'il distribue, ce qui doit se trouver dans l'emballage restitué. Le problème de documentation est presque insoluble compte tenu de la variété des marques et des modèles. On se heurte donc à une multitude de cas particuliers qu'il faut traiter informatiquement avec des systèmes rarement conçus pour cet usage.

Emballer. L'article restitué n'est pas toujours rapporté dans son emballage d'origine. Il faut donc trouver un nouvel emballage adapté à l'article.

Enregistrer et étiqueter. L'enregistrement de l'opération de reprise – et éventuellement l'étiquetage de l'article – doit permettre de suivre ultérieurement sa procédure, qui peut être très différente d'un article à l'autre :

– envoi en réparation avec suivi individuel et *tracking* ;

– remboursement ou échange standard et prise en compte non individualisée (en nombre) pour expédition soit au fabricant soit à une entreprise spécialisée de recyclage ou revente ;

– envoi individualisé en centre de retours pour diagnostic avant l'une ou l'autre des procédures précédentes, etc.

Stocker provisoirement. De façon à massifier les transports, tout au moins tant qu'il n'y a pas d'urgence pour une réparation éventuelle.

■ Le tri

Examen rapide de l'état et test éventuel. Le tri est l'élément essentiel de la politique de gestion des retours. On peut essayer de l'effectuer dès le

gatekeeping, de façon à diminuer les coûts de traitement des retours : on fixe par exemple un minimum de valeur des articles en dessous duquel on renonce à tout test et réparation.

L'examen des articles peut être plus ou moins important selon la valeur des articles, depuis un simple contrôle de l'apparence avec vérification de la présence des composants, un simple test de fonctionnement jusqu'à un test complet de performance. Il faut en effet noter que ces examens et tests sont toujours coûteux car ils prennent du temps et demandent un minimum de formation de la part de l'opérateur.

Décision. À l'issue des examens et tests, il convient de prendre une décision en fonction de critères strictement définis à l'avance :

– envoi en réparation avec panne connue et identifiée ;

– envoi en réparation avec diagnostic préalable et devis ;

– condamnation du matériel avec décision sur ce qu'il convient d'en faire (démontage pour récupération de pièces, destruction par une entreprise spécialisée, etc.) ;

– envoi en reconditionnement et cosmétique (action de nettoyage, restauration de certains éléments pour redonner une apparence de neuf, reconditionnement) ; une telle procédure ne peut être utilisée en principe pour une remise en vente comme matériel neuf mais peut être utilisée dans le cas de location ou réemploi en interne. Ce type d'opérations peut aller jusqu'à une véritable réfection en usine pour des matériels de grande valeur.

■ La réparation

On ne reviendra pas sur les modalités des réparations et de leur suivi déjà évoqués dans le chapitre 13 sur les pièces de rechange :

– Test et diagnostic.

– Réparation.

– Enregistrement de la réparation.

– Décision de suite et retour.

14.5.5 Les stratégies des logistiques de retour

■ Le diagnostic des retours

On a vu la nécessité d'un diagnostic pour l'analyse des rejets industriels ou pour celle du recyclage global des produits fabriqués et de leurs emballages. Il en est de même en ce qui concerne la logistique des retours qui doit donner lieu à un premier diagnostic pour en repérer les principaux flux car il apparaît souvent que ces flux sont éclatés entre les différents établissements, à différents niveaux, et donnent lieu à des procédures souvent mal définies et surtout extrêmement hétérogènes d'un lieu à l'autre. C'est l'homogénéisation des procédures et la centralisation dans des centres de retours qui permet le plus souvent de faire des économies importantes, mais elle est difficile à réaliser car il s'agit souvent de multiples petits flux.

La mise en place des indicateurs

Comme toujours, en logistique, il n'y a pas de politique possible sans une mesure des flux, de leurs débits, des stocks – et particulièrement dans ce cas des stocks d'articles en attente – des délais – par exemple des délais de réparation en moyenne et écarts types – et des niveaux de qualité des services rendus aux détaillants et aux consommateurs : qualité du *tracking* des articles en réparation, délais totaux de la remise à la restitution chez le détaillant, etc.

La comptabilité des coûts de retour

L'essentiel du diagnostic d'une logistique des retours repose sur une bonne connaissance des coûts de retour et, plus encore, sur une évaluation des économies possibles. La création de centres de retours permet d'isoler en comptabilité analytique les coûts correspondants et ce n'est pas un de leurs moindres intérêts. La difficulté est en effet que les coûts de retour sont de natures très différentes et se répartissent en de nombreux centres analytiques de l'entreprise, nécessitant une approche ABC.

La prévision des économies possibles est plus délicate car elle repose le plus souvent sur des prévisions d'effets des politiques envisagées. On a vu assez souvent des taux de retour divisés par 2 ou 3 ou parfois beaucoup plus à travers une mise en place d'un système efficace de *gatekeeping*.

Politique de zéro-retour ou politique de maîtrise des flux

On a vu l'intérêt mais aussi la difficulté d'une politique de zéro-retour qui risque de coûter cher lors des négociations avec les distributeurs. Elle peut présenter en outre un certain nombre d'inconvénients : diffusion des produits à des prix bradés par des filières de commercialisation secondaires sans enlever sur les produits les références à la marque, revente de produits non conformes, assimilation ruineuse des invendus aux produits défaillants par des distributeurs peu scrupuleux, etc.

Une politique de maîtrise des flux de retour demande au contraire beaucoup d'efforts et assez souvent l'organisation d'un ou plusieurs centres spécialisés de retours, sous-traités ou gérés en interne, isolés ou physiquement intégrés à des centres logistiques ou commerciaux existants. C'est comme toujours, en logistique, une politique transverse mais qui implique assez souvent une transversalité entre fabricant et distributeurs. Ce peut donc être un élément de l'ECR.

Externalisation ou non des procédures de retour

Une bonne connaissance des coûts de retour et des indicateurs de qualité de service permet d'étudier avec une ou plusieurs entreprises 3PL ou 4PL spécialisées les modalités, les avantages et les inconvénients d'une externalisation qui peut se faire en ce qui concerne le ou les centres de retours, soit dans ses propres locaux, soit dans les locaux du spécialiste.

Définition des procédures

À partir du moment où l'on a décidé de maîtriser les flux de retour au sein de l'entreprise, il va falloir définir avec beaucoup de soin les procédures et les critères de décision pour chacun d'entre eux. Or il s'agit, comme le plus souvent en logistique, de flux transverses et même en partie extérieurs à l'entreprise et donc difficiles à analyser et faire connaître.

On n'oubliera pas la maîtrise des flux de retour à l'intérieur de l'entreprise qui, comme on l'a vu, peut être une source de gains appréciables en outre qu'elle permet d'encourager une politique générale de propreté (voir § 14.2.1).

■ **Organisation de l'informatique des retours**

L'organisation d'une informatique spécialisée des retours est un véritable projet coûteux et long, compte tenu que la plupart des ERP sont assez mal organisés à cet effet. Or, comme il existe assez souvent plusieurs procédures de retour selon les catégories d'articles, l'informatique doit prévoir de multiples possibilités qui, si elles ne sont pas prévues dès le départ, deviennent difficiles et longues à mettre en place. On peut par exemple imaginer la difficulté de traiter un rappel important d'articles pour modification à la suite de la découverte d'un composant défectueux présentant des risques pour les utilisateurs. Il est rare qu'une telle opération ait été prévue à l'origine dans le système informatique. Or il faut très rapidement mettre en place une procédure pour identifier les lots défectueux, suivre les remises d'articles, leur réparation, leur restitution, etc. On peut donc être conduit soit à sous-traiter une telle opération, soit à mettre en place des procédures manuelles coûteuses, longues et peu sûres.

Un des aspects importants de cette informatique est l'établissement des relations entre les utilisateurs, les détaillants et le fabricant. On a vu l'intérêt d'un fichier central des articles vendus. Le détaillant doit y avoir accès lors de la vente pour enregistrer la date de la vente et le nom du client puis ultérieurement, en cas de retour, pour retrouver ces informations à partir des codes barres portés sur l'article lui-même. Il est alors possible de fournir au détaillant à travers le Net toutes les informations qui lui sont nécessaires pour réaliser les opérations de *gatekeeping*. Dès l'enregistrement du numéro de l'article, le détaillant verra apparaître sur son écran une photographie de l'article lui permettant de vérifier son identification avec, en cas d'erreur, une procédure de recherche de l'identité réelle. Il lui est indiqué en outre les divers éléments qui doivent obligatoirement accompagner l'article (cordons, télécommandes, etc.). La procédure de retour de l'article considéré et les conditions d'échange et de remboursement sont précisées. Des pénalités vis-à-vis du client – et donc du détaillant – peuvent être prévues s'il manque certains éléments, par exemple l'emballage dont l'absence complique la procédure d'expédition. L'édition d'étiquettes automatiques peut faciliter ensuite l'envoi.

La suite des opérations de retour entre le détaillant et le fabricant peuvent être traitées en EDI. Il existe plus de 180 types de transactions de retour entre détaillants et fabricants qui couvrent l'ensemble de ces procédures, y compris les expéditions gratuites par un transporteur désigné. On a vu que certains 3PL et 4PL s'étaient spécialisés dans ce domaine, souvent par domaine professionnel, de façon à permettre aux détaillants qui revendent des produits de multiples fabricants de pouvoir utiliser un portail unique avec leur ordinateur standard et son lecteur de codes barres.

Bibliographie

ROGERS D.S., TIBBEN LEMBKE R.S., *Going backwards : Reverse Logistics, Trends and Practices*, 2003.

SANCHEZ J., *Contrôle et gestion des déchets industriels chez John Deere Iberica*, VIIes journées d'actualisation, ESSTIN, Nancy, juin 1995.

Dossier DEEE de l'ADEME : www.ademe.fr.

Dossier DEEE du ministère de l'écologie et du développement durable : www.ecologie.gouv.fr
Dossier DEEE de la Commission européenne : http://ec.europa.eu.

Journée technique ADEME-ASTEE du 24 janvier 2006 « DEEE et collectivités locales : comment vous préparer à la mise en place de la filière ? », ADEME.

Étude sur la mise en œuvre des directives DEEE et ROHS en France et en Europe – décembre 2006, ADEME.

Réemploi, recyclage et économie solidaire, Coll. : Connaître pour agir – Avril 2002.

Conception de produits et environnement : 90 exemples d'éco-conception, Coll. : Connaître pour agir – Mai 1999.

Premières rencontres nationales de la prévention de la production des déchets
Recueil des interventions – 10 et 11 février 2004, Collection : Rencontres et journées techniques - Février 2004.

BEAULIEU M., MARTIN R., LANDRY S., Logistique à rebours : un portrait nord-américain, *Logistique et Management*, vol. 7, n° 2, pp. 5-14, 1999.

BRODHAG C., BREUIL F., GONDRAN N., OSSAMA F. et ARMINES, Dictionnaire du développement durable, AFNOR, 2004.

MURPHY P., POIST R., Green perspectives and practices : a “comparative” logistics study, Supply Chain Management : an international journal, vol. 8, n° 2, pp. 122-131, 2003.

D

Logistique, organisation, informatique et stratégie de l'entreprise

15 • STRATÉGIE ET LOGISTIQUE

La logistique est une fonction de l'entreprise. Elle était même à l'origine – et reste encore souvent – une sous-fonction et l'on distinguait une logistique des ventes, une logistique d'approvisionnement et les multiples activités auxquelles s'intéressent les nouvelles directions logistiques des entreprises, même si elles ne leur sont pas toujours hiérarchiquement rattachées : gestion de production, gestion des commandes, service après vente, gestion des pièces de rechange, etc.

Une question souvent posée est de savoir si la logistique est stratégique ou non. La logistique est en effet reconnue sans aucun doute au double niveau de l'exécution d'opérations et du pilotage des flux en mettant en œuvre des processus tactiques. Pour nous, la logistique a bien acquis au cours des dernières années une dimension stratégique et cela s'est traduit en terme de reconnaissance par sa présence au sein des Comités de Direction et des Comités Exécutifs d'entreprises de taille variable.

Cette dimension stratégique de la logistique est en réalité double :

La logistique est reconnue comme un levier devant soutenir la bonne exécution du plan stratégique en particulier dans sa capacité à satisfaire la stratégie marketing. Nous verrons qu'elle se doit de maximiser la valeur en agissant sur 2 axes complémentaires :

– l'axe financier porté par 3 préoccupations :

- le coût logistique sur l'ensemble de la chaîne dont on a déjà écrit qu'il pouvait représenter de 5 à 15 % du chiffre d'affaires ;
- le coût de détention des stocks qui impact le bénéfice et la valeur des stocks qui absorbe des montants de trésorerie qui peuvent être significatifs ;
- la rentabilité des actifs investis que ce soit en production ou en distribution et mesurée généralement en ROCE (*Return On Capital Employed*). Le *Supply Chain Planning* a vocation à optimiser une fonction économique logistique globale en affectant la demande prévisionnelle aux capacités industrielles disponibles et en minimisant les coûts d'approvisionnement des matières, de production en fonction des lieux concernés, des stocks d'encours et de sécurité et de distribution pour n'évoquer que la partie physique émergée de l'iceberg du coût global logistique. Dans cette approche, le TRS (Taux de Rendement Synthétique) machine est une préoccupation qui dépasse le cadre industriel pour s'intégrer au sein d'une logistique plus globale ;

– l'axe marché, la logistique ayant la mission de réaliser la (les) promesses(s) faite(s) aux différents segments de clients. La satisfaction du client en matière de service est cruciale dans beaucoup de marchés dans lesquels la dimension différenciante liée au produit est lissée.

Dès lors la mission de la logistique est de travailler les multiples trade-offs c'est-à-dire les compromis optimaux entre ces objectifs contradictoires mais qui participent au plan stratégique. Il est bien évidemment essentiel que les stratégies industrielles, achats et marketing soient parfaitement intégrées par les logisticiens qui se mettent en posture de production de service pour les soutenir.

Mais la logistique acquiert son véritable statut stratégique lorsqu'elle dépasse la bonne réalisation des 4 indicateurs clés de performance qui viennent d'être rappelés (coût logistique, rotation des stocks, retour sur investissement et niveau de service) en participant à la génération d'opportunités stratégiques. La logistique devient alors force de proposition pour revisiter, inventer, innover en matière de business modèle et l'on ne parle pas ici de business modèle logistique mais de la manière d'envisager de développer l'activité même de l'entreprise. Pour illustrer le propos, nous donnerons les quelques exemples suivants :

– Dell a utilisé les technologies logistiques mises à sa disposition pour pousser l'idée et la mise en œuvre du modèle direct qui a consisté jusqu'en 2007 à ne vendre ses produits que sur un mode BtoC en refusant la vente indirecte par des revendeurs. Sa rétro-dégradation début 2007 de numéro 1 mondial à la seconde place l'a conduit à revenir sur l'unicité de ce modèle mais il est clair que la logistique et le Supply Chain Management ont été considérés dans les fonds baptismaux de Dell comme fondements stratégiques ;

– Zara a mis en place une stratégie marketing dont l'un des éléments clés est la cadence bi-mensuelle de mise sur le marché de nouvelles collections au lieu des traditionnelles 4 saisons du prêt-à-porter. La gestion au plus juste des stocks dans les points de vente remontant quotidiennement les ventes permet de développer un sentiment de « juste pénurie » qui lié à la courte durée de la « saison » génère dans l'esprit des consommateurs une stimulation à la vente pour éviter la frustration de la fin de vie d'un produit qui ne pourra plus être acheté. Là aussi, la logistique a été prise en compte comme une composante clé du business modèle de l'entreprise ;

– la position de leader sur certains marchés géographiques comme c'est le cas pour Michelin, Orange ou encore Essilor ont légitimement conduit ces sociétés à s'interroger sur la pertinence de « mettre à disposition » sur leur marché leur compétence logistique via une filiale de prestation de service logistique. Ce sont des entreprises qui traient des volumes considérables, livrent des réseaux de distribution très capillaires avec des niveaux de service remarquables. Autant de bonnes raisons pour se mettre en concurrence directe avec certains transporteurs et 3PL en cherchant des volumes complémentaires de produits compatibles logistiquement parlant pouvant s'agréger sans difficulté avec leurs flux propres. Dans ce cas, la logistique apparaît comme génératrice de revenus et accède au statut de centre de profit. La question de créer une filiale logistique offrant ses services sur le marché est strictement stratégique car elle est certes génératrice de flux mais elle peut avoir aussi comme conséquence de lisser un facteur de différenciation fort en mettant à niveau des concurrents qui plus petits doivent consacrer plus de ressources financières à leurs activi-

tés logistiques. Notre recommandation sera d'ailleurs en la matière dans la plupart des cas aussi attractive que puisse être cette perspective de ne pas se lancer dans un tel développement sauf s'il y a possibilité de protéger son marché.

Il n'est pas inutile de rappeler le schéma désormais classique de positionnement des réflexions stratégiques en matière de logistique par rapport aux autres activités (figure 15.1).

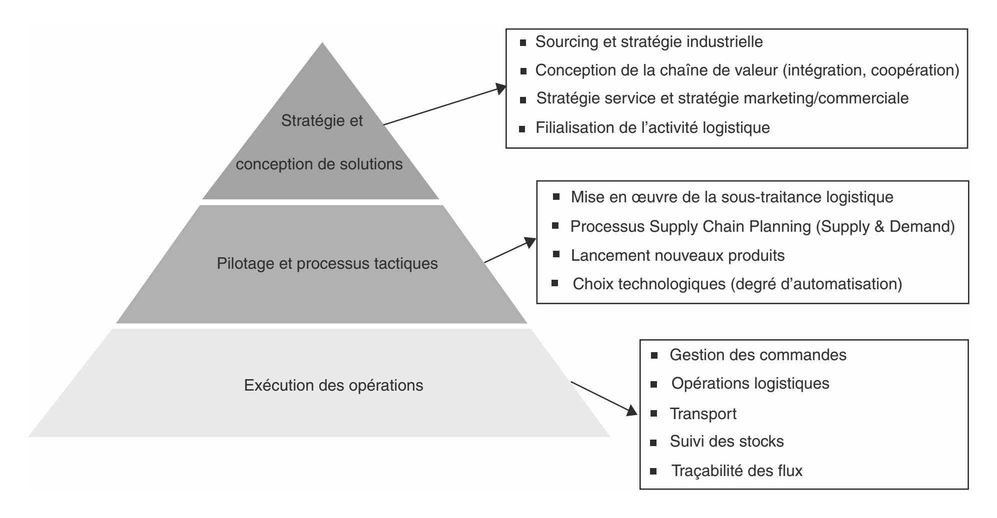


Figure 15.1

Une des dimensions attractives selon nous de la logistique est sans aucun doute l'intimité que doivent entretenir tous les niveaux de cette pyramide. Une stratégie brillante sur le papier peut se révéler désastreuse dans les faits par l'absence d'une exécution excellente et de processus de pilotage maîtrisés. C'est la raison pour laquelle, il est très difficile d'imaginer que l'on puisse laisser de côté dans la réflexion logistique la dimension terrain.

15.1 Le point de vue stratégique

La stratégie d'une entreprise n'est pas seulement affaire de rationalité économique. Pas plus que la logistique, l'entreprise n'est autoréférente et l'entrepreneur, au sens schumpeterien du terme, agit souvent autant en fonction de ses croyances, ses habitudes et ses motivations personnelles que d'une stricte rationalité chaque fois qu'il doit définir explicitement ou implicitement sa stratégie. La théorie des jeux montre d'ailleurs qu'il est des situations où l'entrepreneur doit choisir selon ses préférences le type de critère qu'il veut optimiser. On peut donc considérer que l'entrepreneur, lorsqu'il définit sa politique logistique par rapport à la stratégie globale de l'entreprise ou lorsqu'il tient compte de la logistique dans l'explicitation de son schéma stratégique, n'a pas seulement une approche rationnelle, mais procède à partir de points de vue ou plus précisément de ce que les spécialistes du marketing appellent

des « attitudes », « tendance ou prédisposition de l'individu à évaluer d'une certaine manière un objet et à réagir devant lui » (Lendrevie et Lindon, 1990).

Une telle vision de la stratégie d'entreprise peut paraître bien réductrice mais, après tout, le management est un marché comme un autre où les entrepreneurs vont faire leurs « provisions d'idées » aux boutiques des conseils, des journalistes, des vendeurs de progiciels et des universitaires. Ce sont donc aussi des consommateurs d'idées, de structures, de stratégies. Personne ne niera qu'il existe des modes en ce domaine. La logistique a une image autant qu'une rationalité. Quelques *success stories* récentes font évoluer les modes. Les nécessités économiques font le reste. On se limitera donc ici à analyser quelques attitudes qui nous paraissent assez caractéristiques de l'époque actuelle malgré la rapidité des évolutions en cours, aussi bien dans les doctrines logistiques que dans les environnements économiques.

15.2 Le point de vue de la performance financière

Pour beaucoup de responsables d'entreprise, la logistique est encore exclusivement un secteur de coûts et, qui plus est, un secteur de coûts réductibles. Ce « continent noir de l'économie », comme aurait dit Peter F. Drucker, est un des domaines où pour beaucoup d'entreprises il existe des possibilités importantes de gain.

Une entreprise telle que Schneider Electric a positionné la fonction logistique au plus haut niveau de l'entreprise et c'est selon un plan de marche très ambitieux que cette entreprise déroule depuis 2006 un ensemble de mesures destinées à atteindre des objectifs en ligne avec les benchmarks concurrentiels. L'objectif est par exemple de baisser les coûts logistiques de plus de 20 % sur la zone Europe. Les objectifs clés sont l'augmentation du niveau de service mesuré par l'OTDS (*On Time Delivery Service*), le CCL (*Customers Complaint to Logistics*), la baisse des coûts logistiques dont les coûts de transport et la baisse des niveaux de stock mesuré par la rotation des stocks (*Turn Ratio Forward*).

Ces gains peuvent donc s'obtenir d'abord au sein de l'entreprise quelle que soit sa place dans la chaîne logistique mais ces possibilités de gains ont une première limite. Ils peuvent par rapport à la chaîne toute entière n'être qu'une sous-optimisation et il est possible que l'optimisation globale passe par une nouvelle répartition des rôles, et donc des charges, entre tous les participants. Pour les obtenir il faut que les différents partenaires de la chaîne se mettent d'accord sur la façon de les obtenir et de les répartir ensuite entre les uns et les autres. La logistique transverse dans l'entreprise devient un chantier de coopération inter-entreprises, ce qui peut modifier en profondeur la stratégie de l'entreprise vis-à-vis de son environnement. Ces deux aspects d'un même point de vue des coûts méritent d'être examinés.

15.2.1 Réduire les coûts au sein de l'entreprise

Pour réduire les coûts, le plus simple est comme toujours de les analyser et de chercher à réduire chacun des types de coûts concernés tout en sachant que le plus souvent il y a des coûts qui varient en sens inverse, stock et trans-

port, par exemple et qu'il s'agit de trouver un optimum entre deux politiques opposées, un *trade off* comme cela vient d'être rappelé en introduction.

■ Analyse des coûts et de la productivité : le *benchmarking*

Une des premières démarches est une analyse précise des coûts et de la productivité. Très peu d'entreprises sont actuellement capables d'indiquer quels sont leurs coûts logistiques – après en avoir donné une définition claire. Or ces coûts sont considérables. Comme on l'a vu lors de l'analyse de la logistique de la grande distribution, les coûts logistiques d'un supermarché peuvent être évalués entre 8 et 12 % du chiffre d'affaires, or la marge nette n'est *in fine* que d'environ 2 à 3 %, y compris la marge arrière. Il est difficile d'agir sur les prix d'achat déjà fortement comprimés. La logistique a, semble-t-il, des réserves de productivité et les premiers qui sauront l'évaluer et déceler les points d'amélioration possible pourront, peut-être, augmenter sensiblement leur marge nette...

■ Réduction des coûts de stockage et de transports

La première partie de cet ouvrage aura montré la difficulté à trouver un équilibre entre les flux et les stocks. L'accélération de la production et du commerce avec des taux d'obsolescence très importants et des fluctuations plus rapides des prix, la réduction des coûts des transports, l'amélioration des méthodes de gestion des flux, la création d'entrepôts économiques par leur emplacement, leur construction et les facilités d'utilisation, tout cela pousse à des taux de rotation de stock plus élevés et à des transports plus fréquents.

Mais la diminution du nombre des entrepôts au cours de ces dernières années va bien au-delà. Telle entreprise de production qui avait un entrepôt dans chaque région, voire même dans chaque département, n'en a plus, vingt ans plus tard, que deux ou trois pour toute la France, souvent même un seul en attendant de n'en avoir plus qu'un seul pour l'Europe. Si l'on se souvient que, lorsque l'on réduit le nombre n des entrepôts à un seul, le stock de sécurité se réduit dans la proportion de $(n - \sqrt{n})/n$; on voit un premier intérêt à cette réduction du nombre des entrepôts. Celui de réduire les charges fixes attachées à chaque entrepôt et d'améliorer la productivité en augmentant les volumes traités n'en est pas moins grand. Les plates-formes toujours nécessaires comme points de transfert entre camions et points de départ des tournées de livraison peuvent être sous-traitées aux transporteurs ou réduites à un simple quai de transfert ou même un parking de transfert grâce au *cross-docking* systématique.

Comme cela a déjà été exposé dans le chapitre 9 dédié à la distribution ainsi que dans le chapitre 7 sur les transports, l'optimisation des transports est un enjeu qui ne fera que prendre de l'importance. Dans l'interface producteurs-distributeurs la maîtrise par les distributeurs du transport amont est essentielle pour massifier ces flux d'approvisionnement, les combiner aux flux de distribution et par là même concevoir des boucles dédiées de transport fermées qui permettent d'éliminer de fait les retours à vide. La maîtrise du transport amont facilite la fluidité en termes de flux et non plus de stockage depuis les fournisseurs, l'optimisation globale des transports et un effet volume dans l'achat de transport.

■ Réduction des coûts de manutention

L'automatisation de la manutention n'a pas toujours bonne presse dans les milieux de la logistique ou plus exactement elle a le plus souvent « très bonne presse » dans les journaux spécialisés qui ont comme principaux annonceurs les vendeurs de chariots, systèmes automatisés et progiciels de toute sorte ainsi que les entreprises de conseil. Mais l'on dit souvent *« off record »* que les résultats ne sont pas ceux que l'on attendait, que tel système très performant doit être relancé plusieurs fois par jour à la suite de défaillances et au prix de délais importants, que tel projet a largement dépassé son budget initial. Il n'y a rien là de très nouveau dans le domaine des automatismes et les industriels savent bien qu'amener une installation automatisée à son stade d'efficacité normale est souvent plus long et plus coûteux que prévu.

Une autre raison qui peut amener à se méfier des automatismes de manutention est que ces techniques ne sont pas en général le cœur même du métier de celui qui effectue l'investissement. On démontre assez souvent que les investissements dans le cœur de son métier ont un meilleur taux de rentabilité que ceux que l'on peut faire dans une technologie inconnue.

On relèvera cependant que, comme on l'a vu, les entrepôts français n'ont encore le plus souvent qu'un très faible niveau d'automatisation. Leurs charges de fonctionnement avec une main-d'œuvre importante en sont donc élevées et il y a là une source d'économie importante à moyen et long terme.

■ Amélioration du *packaging*

On peut aussi modifier le *packaging* élémentaire ou de regroupement des produits : nombre de produits par palettes, taille et hauteur des palettes, quantités qui peuvent en être chargées dans un camion standard, adaptation des camions, utilisation d'étiquettes permettant une automatisation de la manutention, etc.

Comme cela a été mentionné dans le chapitre 9, la recherche de productivité dans les points de vente est primordiale. C'est pourquoi se sont développés depuis quelques années une réflexion associant étroitement logistique et merchandising pour concevoir des unités « Prêt-à-Vendre » qui limitent également la production de déchets d'emballage. Les avantages de cette approche sont nombreux :

– Renforcer l'image prix des enseignes ;

– Clarifier la lisibilité des linéaires et structurer le merchandising ;

– Faciliter la mise en avant des promotions et la réalisation des têtes de gondole ;

– Améliorer les points de gestion magasin (casse, rupture, recalage…) ;

– Diminuer le coût rendu linéaire pour réinvestir dans les prix

Il s'agit d'une approche qui contribue à la recherche de l'accroissement de performance des opérations logistiques en magasin qui sont caractérisées par :

– à peu près 50 % du temps passé à charger les linéaires ;

– une gestion des aléas de mise en rayon en autres dus aux fluctuations d'activité ;

– des opérations de gestion comme les activités de balisage ;

– une absence de suivi et de contrôle exhaustif de toutes les opérations logistiques.

L'enjeu de productivité est considérable puisqu'il est évalué à plus de 30 % en hypermarché.

Des efforts d'étiquetage sont d'autre part indispensables si l'on veut pratiquer systématiquement le *cross-docking* sur les plates-formes par allotement depuis l'entrepôt ou l'atelier de conditionnement du producteur. Il faut en effet que l'unité de conditionnement coïncide le mieux possible avec les besoins du point de vente destinataire moyen ou des points de vente typiques.

L'implication de la logistique dans les phases de développement des nouveaux produits est devenue essentielle et la pression exercée par la logistique sur les ingénieurs de conception peut être très profitable. L'exemple suivant est issu du secteur de l'isolation qui par définition est caractérisé par d'énormes volumes pour des valeurs au m^3 plutôt faibles en tant que matériaux de construction. Il se passe de commentaire et le benchmark concurrentiel révélé par la figure 15.2 est totalement démonstratif.



Figure 15.2

■ Réduction des coûts informatiques

Les coûts administratifs et informatiques ne sont pas négligeables en logistique : de l'ordre de 1 à 2 % du chiffre d'affaires et parfois plus. Or ces coûts ont tendance à augmenter avec la mise en place de grands systèmes informatiques logistiques : ces mises en places sont coûteuses, difficiles et longues, souvent beaucoup plus longues et plus coûteuses qu'il n'avait été prévu à l'origine. Il est vrai que les entreprises les plus performantes en logistique sont aussi celles qui ont mis en place le plus tôt les systèmes informatiques les plus complets. C'est tout au moins ce qu'affirment, et probablement avec raison, les promoteurs de progiciels et de services informatiques.

On peut donc se demander comment vont évoluer ces coûts informatiques dans les années à venir. Les mises en place d'EDI devraient continuer, mais l'influence des investissements de ces dernières années, et donc de leurs amortissements, devrait s'estomper progressivement. Cependant comme on le verra, il y a peut être beaucoup plus dans l'informatique de la *supply chain* que de la simple logistique.

15.2.2 Réduction des coûts et externalisation de la logistique

L'externalisation de la logistique ne résulte pas nécessairement d'une volonté de réduction des coûts.

La 12e étude annuelle de l'externalisation logistique menée en 2007 par Georgia-Tech avec l'aide de CapGemini, SAP et DHL révèle une fois de plus que la motivation première pour sous-traiter sa logistique réside dans la baisse des coûts. Il est rapporté par les sociétés qui ont participé à cette enquête que les coûts logistiques ont baissé de 13 % après une démarche d'externalisation. La liste suivante révèle le type d'activités logistiques qui sont le plus souvent sous-traitées :

– Transport national : 83 %.

– Transport international : 79 %.

– Entreposage : 69 %.

– Operations de dédouanement : 67 %.

– Opérations de transit : 51 %.

– Consolidation des expéditions : 43 %.

– Etiquetage, emballage, assemblage : 34 %.

– Gestion du transport : 32 %.

– Logistique inverse ; 31 %.

– Cross-docking : 31 %.

L'attitude des entrepreneurs en ce domaine résulte souvent d'un conflit entre la composante affective et la composante rationnelle de leur attitude vis-à-vis de la logistique. La composante affective est faite de cette image peu satisfaisante qu'un cadre, ingénieur ou gestionnaire, peut avoir de la logistique traditionnelle : les camions et les camionneurs, les entrepôts et les magasiniers ne sont pas entourés d'une aura valorisante, particulièrement au sein de l'entreprise industrielle. Non seulement il ne s'agit pas de fonctions prestigieuses mais en outre ce sont des sources potentielles de dysfonctionnements imprévisibles. D'autre part la logique des comptes analytique montre souvent qu'il y a parfois plus à gagner et plus vite par une diminution des coûts logistiques que par un accroissement de la productivité industrielle ou à travers une politique de négociation commerciale avec les distributeurs. On conçoit alors que la logique des coûts logistiques conduise souvent les entreprises à externaliser leur logistique dans le but premier d'en réduire les coûts. L'élément « conatif » (passage à l'acte) résulte très naturellement du conflit entre les deux composantes précédentes même si la démarche d'analyse du gain peut être parfois assez frustre.

Il existe donc depuis quelques années un engouement certain de beaucoup d'entreprises pour l'externalisation de tout ou partie de leur logistique. En dehors de l'attitude générale présentée ci-dessus, on peut bien entendu trouver beaucoup de motivations rationnelles à cette tendance forte de l'évolution actuelle :

• La pression sur les coûts conduit les entreprises à diminuer leurs coûts et spécialement leurs coûts logistiques or le marché du transport routier français est caractérisé par un excès structurel de l'offre sur la demande et se caractérise par des coûts très bas, parfois même aux dépens du respect des règlements. Les services de transport des entreprises ne peuvent lutter contre les prix proposés. Il est de plus évident que les transports routiers sur longue distance ont intérêt à être sous-traités puisque les flux essentiellement univoques impliquent de nombreux retours à vide, ce qui est moins le cas a priori avec des transporteurs travaillant pour beaucoup d'entreprises. La plupart des grands distributeurs ont procédé à cette externalisation (Carrefour, Cora, Leclerc, etc.).

• Face à la difficulté de bien mesurer les coûts logistiques, l'externalisation peut être un moyen simple de les connaître de façon certaine et de les suivre au fil des années.

• En outre, les services logistiques d'entreprise ont vécu assez souvent dans une relative tranquillité n'étant pas soumis directement à la pression du marché. Certains entrepôts sont, à tort ou à raison, réputés au sein des entreprises industrielles comme des repaires de « bras cassés » et le rendement est parfois faible. Il est parfois plus facile ou tout au moins plus rapide d'externaliser que d'améliorer le rendement interne.

• Dans le même ordre d'idée, il est parfois difficile à une entreprise, liée par des conventions collectives avec ses salariés, d'insérer camionneurs et magasiniers dans des modalités qui ne conviennent ni à leurs horaires, ni à leur temps de travail. Les conditions de la gestion sociale des chauffeurs en compte propre sont également différentes de celles du transport public et jugées moins souples par les entreprises.

• De la même façon, les plates-formes de distribution ont des coûts qui augmentent avec le nombre de ces plates-formes. Le nombre de clients à servir par une entreprise dans chaque zone de 200 à 300 km est souvent insuffisant. L'insuffisance des flux peut même contribuer à générer la prise en charge par ces services de tâches supplémentaires qui ne sont pas toujours de nature strictement logistique au prix d'une certaine confusion des coûts et des responsabilités. Si on sous-traite ces plates-formes logistiques, il va de soi que le sous-traitant, gérant les livraisons de beaucoup d'entreprises dans la même région, diminuera ses coûts par rapport aux plates-formes d'une seule entreprise.

• Beaucoup d'entreprises cherchent à se centrer sur leur propre métier et répugnent à investir dans une fonction annexe comme la logistique. Elles préfèrent payer des sous-traitants qu'immobiliser un capital rare en camions ou entrepôts, d'autant plus qu'avec l'automatisation, les investissements concernant les entrepôts sont de plus en plus lourds. L'externalisation est un moyen de transformer des charges fixes en charges variables.

• Comme on le verra, l'ECR et le juste-à-temps entraînent les fournisseurs à proposer aux distributeurs un *cross-docking* intégral, c'est-à-dire un allotissement des commandes par le fournisseur. La limite est cependant l'éclatement

des palettes pour livrer des surfaces commerciales de faible consommation ou pour des catégories à références multiples. Il est cependant possible à des fournisseurs d'externaliser leur préparation auprès d'une même entreprise qui pourra préparer des palettes mixtes avec les produits de plusieurs fournisseurs à destination d'un même magasin.

• D'autres avantages sont à souligner comme par exemple tester un nouveau marché géographique sans investir et faciliter l'adaptation du personnel logistique aux variations saisonnières en supprimant la gestion d'un personnel différent des autres et qui, en cas de grève, peut paralyser l'entreprise.

On peut cependant s'interroger sur l'avenir de l'externalisation. Certes, on peut penser que sa croissance va continuer : des experts annoncent une croissance de 20 à 30 % par an en Amérique du Nord, 10 à 15 % par an en Europe[1]. Cependant, les enquêtes aux États-Unis sur l'impact de l'externalisation traduisent de moins en moins d'enthousiasme. On attire l'attention sur les impacts négatifs des réductions du personnel logistique sur le moral des employés, sur les problèmes informatiques d'intégration des systèmes, sur l'incertitude sur la capacité des prestataires logistiques à fournir des services de qualité aux prix conclus, particulièrement aux États-Unis. En Europe en 1997, 46 % des entreprises ont mis fin à des contrats d'externalisation logistique. En France, il semble que l'on assiste à une certaine reprise des investissements logistiques en entrepôts et plates-formes propres et ce pour des entreprises de toute taille. Il apparaît en effet que certaines reventes d'entrepôts étaient plus souvent dues à des opérations de « cosmétique de bilan » qu'à une volonté de sous-traiter. Par la suite, les accumulations de charges entre loueurs de locaux et 3PL finissent par dépasser largement ce que pourraient être des coûts internes raisonnables. L'exemple de Wal-Mart que nous allons analyser montre que la plus prestigieuse des entreprises de distribution nord-américaine reste farouchement attachée à l'utilisation de ses propres moyens d'entreposage aussi bien que de transport. Le débat ne peut donc être considéré comme clos.

15.2.3 Réduire les coûts et les stocks en partenariat avec d'autres entreprises

On a vu que de nouveaux sigles étaient apparus ces dernières années, particulièrement en Amérique du Nord : CPR, CRP, DRP, ECR, etc. Tous ces sigles et particulièrement l'ECR traduisent, autour de l'informatique et particulièrement de l'EDI, un effort d'organisation d'un véritable partenariat entre les différents maillons de la chaîne logistique. Mais un des objectifs principaux de ces approches est de diminuer l'ensemble des coûts tout au long de la chaîne, quitte à répartir les gains d'un jeu à somme non nulle entre les différents partenaires. L'exemple « emblématique » d'une telle politique est l'entreprise de distribution nord-américaine Wal-Mart qui, partant il y a 30 ans d'un magasin d'une bourgade de l'Arkansas est devenue la plus grande et la plus profitable des entreprises de distribution du monde. Bien avant tout le monde, cette entreprise a commencé à établir avec ses fournisseurs de nouvelles politiques. Comme le déclare Robert Zimmerman ancien directeur chez Coopers &

1. Mercer Management Consulting, 1997.

Lybrand : « Alors que d'autres opérateurs de magasins discount pensaient que la voie du succès consistait d'abord à réduire les coûts, Wal-Mart a non seulement repensé, mais encore révolutionné la façon de gérer le commerce de détail » (Gill et Abend, 1997). On parle d'ailleurs dans la presse nord-américaine spécialisée de la « Wal-Martisation » *(Wal-Martyzing)* de la distribution. L'entreprise a, contrairement à beaucoup d'autres, conservé ses dépôts régionaux et sa propre flotte de près de 10 000 camions et remorques. Ce sont les camions de Wal-Mart qui vont chercher 85 % de la marchandise chez les fabricants pour les amener dans ses 30 plates-formes régionales de distribution. Chaque plate-forme est à moins d'une journée de ses magasins, soit moins de 350 miles. La différence avec les autres entreprises de distribution réside dans le système informatique de management logistique et la part importante d'automatisation des plates-formes et entrepôts. Le *cross-docking* est systématique à travers des chaînes de tri et de manutention automatisées par lecture de codes à barre. La traçabilité des expéditions est une des meilleurs qui soit. Trois mille fournisseurs utilisent le Wal-Mart Retail Link Program qui leur permet de suivre au jour le jour les ventes de leurs produits directement depuis les caisses enregistreuses avec les historiques de leurs ventes et de la performance de leurs produits sur 52 semaines. Ils ont avec Wal-Mart des modèles de gestion des stocks préétablis en fonction des plans saisonniers de promotions et approvisionnent directement les plates-formes ou points de vente, en relation permanente avec les acheteurs de Wal-Mart. Tout cela repose sur un système informatique de premier plan.

Il résulte, de cette organisation, des coûts logistiques qui semblent être parmi les plus bas du marché de la distribution en Amérique du Nord. Le ratio des coûts au chiffre d'affaires *(expense-to-sales)* serait actuellement de 15,8 % à comparer avec les ratios, de ses concurrents qui se situent entre 22 et 33 %.

Il y a bien entendu, d'autres aspects que la logistique à l'origine des résultats et du succès de Wal-Mart : on relèvera par exemple qu'une partie importante des stocks reste la propriété du fournisseur, ce qui explique que Wal-Mart arrive à des taux de rotation beaucoup plus élevés que ceux de ses concurrents. Dès 1980, Wal-Mart avait refusé de négocier avec des agents commerciaux et exigé une réduction supplémentaire de 2 à 6 % correspondant à cette suppression de commission. Le principe *winer-winer* (gagnants-gagnants) qu'affichent les promoteurs de tels systèmes ne doit pas cacher que certains maillons de la chaîne sont plus gagnants que d'autres et que Wal-Mart, en dehors de déclarations que l'on pourrait soupçonner de complaisance de la part de certains de ses fournisseurs, ne passe pas pour un bienfaiteur auprès de la plupart d'entre eux. Il ne faudrait donc pas voir dans une telle expérience un simple moyen de réduction et partage des coûts logistiques entre distributeurs et fabricants. Il s'agit en réalité de l'exemple d'un distributeur utilisant la logistique, parmi bien d'autres moyens, pour soutenir une fantastique stratégie d'expansion. C'est ce qui apparaîtra mieux à travers le point de vue du marketing.

Le cas de la « soupe de poulet aux nouilles » de Campbell *(chicken noodle soup)* est un autre de ces cas emblématiques que mettent en avant les partisans de l'ECR Il s'agit d'un produit incontournable de l'alimentation nord-américaine et voici le problème de Campbell tel que présenté par le Professeur Royd D. Shapiro de Harvard (1993). La figure 15.3 montre d'une part les livrai-

sons de Campbell à ses clients, les distributeurs tout au long de l'année, d'autre part la consommation du même produit par les consommateurs.

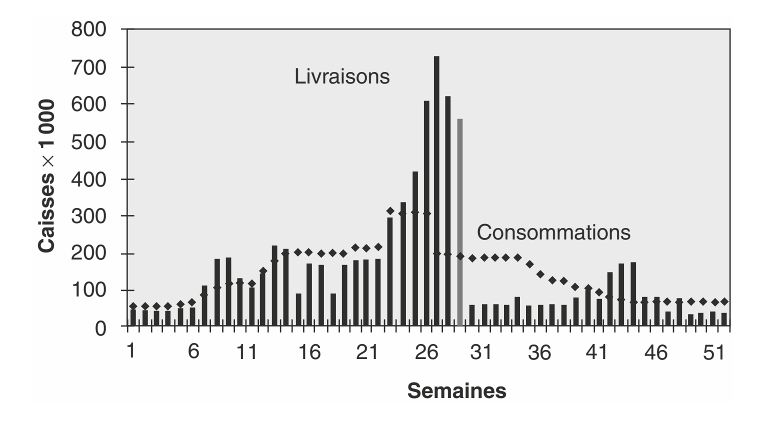


Figure 15.3 – Consommation de soupe « chicken noodle » de Campbell.

On constate que cette consommation augmente assez régulièrement jusqu'en semaine 26 pour diminuer régulièrement ensuite. (Comme il s'agit d'une soupe à consommer chaude, on peut penser qu'il ne s'agit pas de l'année légale et que la consommation maximale est en hiver.) Les livraisons au circuit de distribution sont, elles, beaucoup plus irrégulières. L'explication tiendrait aux distributeurs qui passent leurs commandes tous ensembles et à la pratique des promotions qui les fait stocker des quantités importantes d'un produit qui se conserve bien pendant de longs mois. Bien entendu le phénomène de la soupe de poulet aux nouilles est valable pour tous les autres potages.

La politique de Campbell a donc été de proposer à ses clients le fameux système CRP de Procter & Gamble (diffusé depuis par IBM). Recevant par EDI, de ses clients, l'état de leurs stocks tous les matins, il les ravitaille le lendemain à partir de ses entrepôts. Pour compenser les réductions des promotions, il leur consent une réduction annuelle. Il en résulta que les stocks des clients furent réduits de moitié dès la première année, le taux de service passa de 95 % à presque 100 %. Les stocks propres de Campbell ont été réduits de 30 %, ses coûts de production ont diminué de 9 %, etc. L'ECR trouve dans Wal-Mart et Campbell une justification économique irréfragable.

L'exemple de Carrefour et de l'Oréal en Belgique au début des années 2000 est assez révélateur de ce qu'il est possible de faire en matière de CRP (*Continuous Replenishment Program*). Les objectifs mutuels étaient :

– De diminuer les stocks respectifs des deux acteurs ;

– D'améliorer le niveau de service ;

– D'optimiser les expéditions.

Face à la diversité des produits, il a été décidé dans un premier temps de se focaliser sur 2 gammes de produits et sur les SKUs qui tournent beaucoup.

Les résultats ont été totalement à la hauteur des objectifs aussi bien en termes de service que de baisse des niveaux de stock. Les facteurs clés de succès ont été sans aucun doute :

– La bonne préparation de l'approche CRP qui a permis également de développer un esprit de confiance nécessaire à toute collaboration ;

– La prise de temps nécessaire pour que les résultats puissent être obtenus ;

– La relative indépendance de la logistique en particulier par rapport aux achats pour qu'elle puisse garder sa neutralité de conception de solutions.

Cette expérience valorisée par l'award BtoB de l'ECR Europe montre que l'approche CRP n'est pas un simple ensemble de techniques mais s'appuient fondamentalement sur des organisations et des individus devant partager motivations et compétences. Le déploiement structuré autour des catégories d'articles est également un facteur clé de succès pour engranger des résultats positifs selon une logique incrémentale vertueuse.

Cependant, en pratique, toutes les études montrent que l'ECR progresse moins vite que prévu : une étude réalisée par le Global Logistics Research Team de l'Université d'État du Michigan montre que même parmi les entreprises les plus performantes, moins de 50 % d'entre elles faisaient quoi que ce soit en ce domaine et que parmi elles, il s'agissait dans la plupart des cas d'expérimentations de telle sorte que 12 % d'entre elles seulement étaient réellement impliquées dans de tels partenariats[1]. Il paraît donc difficile de considérer l'ECR comme un simple moyen de réduction des coûts ni même comme un moyen simple pour les réduire.

En effet, l'histoire de Campbell est exactement analogue à celle de Wal-Mart à cette exception près qu'à l'inverse, c'est le producteur particulièrement puissant qui a imposé son système logistique.

Ces deux exemples montrent donc deux choses :

– qu'il y a des réductions de coûts à obtenir par une meilleure organisation de la chaîne logistique interentreprises, peut être moins que les promoteurs de l'ECR ne l'affirment mais peut-être beaucoup comme l'avait montré l'analyse des coûts de distribution des produits frais du chapitre 9 ;

– que l'initiative et l'organisation de ces modifications de circuits dépendent des rapports entre les distributeurs et fabricants et de leurs stratégies réciproques. Mais il n'en reste pas moins qu'il ne s'agit pas là d'un simple partenariat pour réduire des coûts, mais de beaucoup plus que cela comme le fera apparaître le point de vue du marketing.

15.3 Le point de vue du marketing et du service logistique

Marketing et logistique sont apparues tardivement et ont eu du mal à se donner une définition claire ou à trouver une place dans l'organisation de l'entreprise. Ce

1. *World Class logistics : The Challenge of Managing Continuous Change*, The Council of Logistics Management, Oak Brook, Illinois, États-Unis, 1989/1995.

rapprochement est cependant plus apparent pour les logisticiens que pour les théoriciens du marketing qui, jusqu'à ces dernières années, s'intéressaient en général assez peu, et peut-être à tort, à ce qu'ils appellent la « distribution physique ».

Traditionnellement, on considère que le marketing est d'abord une attitude visant à connaître une clientèle potentielle pour mieux s'y adapter : la distribution physique était un exemple classique de l'attitude marketing et l'on enseignait que la bonne attitude en ce domaine consistait non pas à rechercher l'organisation de distribution la plus commode ou la plus économique, mais celle qui s'adapterait le mieux aux habitudes et aux exigences de la clientèle. C'était une position de principe mais qui le plus souvent n'allait guère au-delà de la déclaration d'intention.

15.3.1 Le niveau de service à la clientèle

■ Du *marketing mix* au *mix logistique*

On représente le plus souvent le *marketing mix* d'un produit par les 3 P traditionnels :

– le produit avec ses caractéristiques physiques et d'usage pour le consommateur,

– le prix de vente,

– la promotion, c'est-à-dire l'ensemble des actions destinées à assurer sa promotion commerciale (publicité, promotions commerciales au sens restreint, actions commerciales, etc.).

Cependant les hommes de marketing se sont depuis longtemps aperçu que ces 3 P ne suffisaient pas à caractériser le *marketing mix* d'un produit et ont tendance à ajouter un 4e P. La difficulté est que peu d'auteurs s'entendent sur ce 4e P.

Soucieux de réintroduire à la fois la stratégie du choix des canaux de distribution et la logistique afférente, certains ajoutent le mot américain « *place* » qu'ils déclinent ensuite en un *mix logistique* (Lambert, Samii, 2001) constitué assez curieusement de coûts : coûts de production, d'entreposage, de transport et de traitement des commandes.

La figure 15.4 se retrouve dans la plupart des manuels de logistique. Associant directement des coûts de moyens à un niveau de service mal défini, elle a cependant le mérite de montrer que les niveaux de service choisis influent sur les coûts logistiques et que réciproquement les choix logistiques ont des conséquences en termes de coûts, qui viennent grever le prix de revient du produit et de sa promotion. La nécessité d'arbitrages logistiques vient donc compliquer le problème des arbitrages marketing, d'autant plus que les notions sont souvent un peu floues.

Dornier et Fender (2007) ont certainement raison de critiquer l'usage d'une expression ambiguë du type « notre niveau de service est de 95 % ». Même lorsqu'il s'agit du respect de délais moyens, les bornes inférieures et supérieures de ces délais peuvent être extrêmement variables selon les entreprises, les services et même les individus.

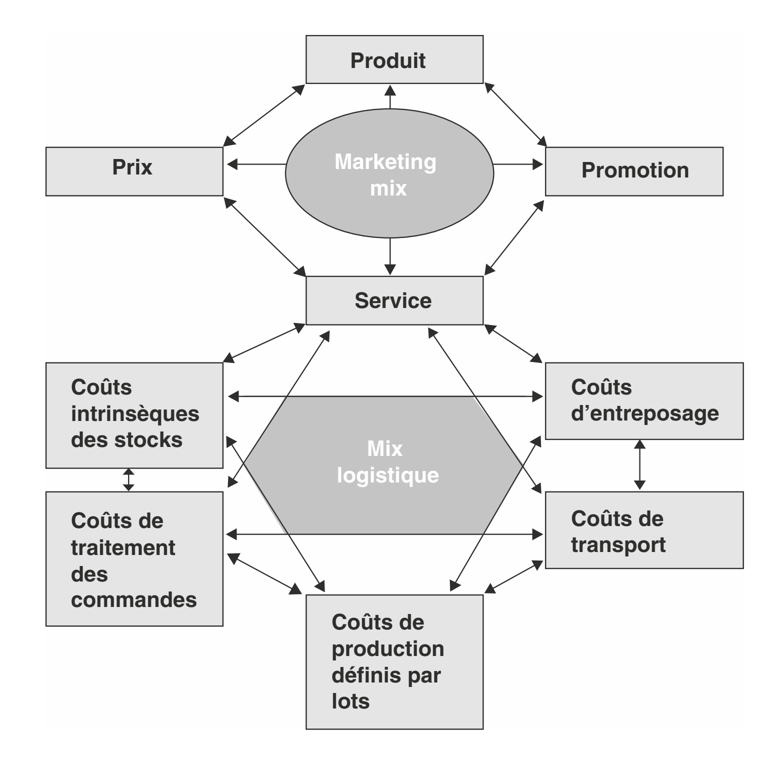


Figure 15.4 – Marketing mix et mix logistique (d'après D.M. Lambert, in Roberson et Copacino, 1994).

Il est alors intéressant de tenter de faire une énumération sommaire de ce qu'est ce service, des moyens qui lui sont nécessaires et des critères de niveau correspondants (tableau 15.1).

Tableau 15.1 – Les services logistiques.

Services	Critères*	Moyens
Gestion des commandes et facturation	Information commerciale Information sur la commande Pourcentage d'erreurs de traitement des commandes et facturation Délai de traitement des commandes et de confirmation	Service clientèle, CRM EDI Moyens informatiques mis à disposition de la clientèle

Tableau 15.1 (suite) – Les services logistiques.

Livraison	Délai de livraison Qualité de service en % de ruptures de stock Pourcentage d'incidents de transport Pourcentage de litiges livraison	Stocks Entrepôts et plates-formes Moyens de transport Identification des produits et des expéditions
Intervention en cas de problèmes	Réactivité Profondeur du tracking	CRM Tracking des lots et produits
Politique d'emballages	Pourcentage d'incidents dus aux emballages Pourcentage de litiges emballages	Services d'expédition Reprise et transport retour des emballages
Politique de retours	Délais de remboursement ou échange ou pourcentage de remise pour retours	Return centers Opération de rappels de produits
Service après-vente	Fiabilité des produits Garanties Délai de livraison des pièces de rechange (PR) Qualité de service des pièces de rechange Délai d'intervention Temps de réparation	Service après-vente Stocks PR Entrepôts et plates-formes PR
Collaboration avec les clients (ECR, CPFR, GPA, trade marketing, etc.)	Voir infra	Voir infra

* Tous les critères doivent être mesurés en moyenne et écarts types. Les critères énumérés ne sont que des exemples non exhaustifs.

■ Le 4e P pour prestations et la notion de produits étendus ?

Il nous paraît préférable d'introduire un 4e P pour « prestations », regroupant au-delà du service rendu au consommateur, toutes les actions nécessaires pour que le produit réponde à ses besoins quels que soient ceux qui effectuent ces actions : producteurs, distributeurs et consommateurs eux-mêmes. 3 des 4 P recouvrent alors assez bien la « sainte trinité de la compétitivité » selon

Jack Welch (2005), le célèbre patron de General Electric de 1981 à 2001 : coûts (prix), qualité (produit) et service (participation).

L'ensemble produit + prestations correspond à ce qu'un certain nombre de professeurs américains appellent le *produit étendu* (*extended product*). Un exemple permettra de mieux faire comprendre la variété des possibilités pour un même produit, la consommation d'une pizza :

– Un consommateur peut acheter une pizza surgelée dans un supermarché. La logistique du froid nécessaire pour amener cette pizza depuis l'usine jusqu'au rayon des surgelés du supermarché est assez classique. Le consommateur doit cependant se rendre au supermarché, prendre la pizza dans le bac surgelé, aller aux caisses, payer, la rapporter chez lui avec son véhicule, la conserver dans son congélateur puis la faire décongeler et réchauffer le jour où il veut la manger.

– Il peut aussi la commander par Internet à un supermarché en ligne qui la lui livrera. Il s'épargne ainsi le déplacement au supermarché au prix d'un supplément pour la livraison car la logistique du distributeur est alors plus importante que dans le cas précédent (coût du dernier kilomètre).

– Il peut la commander à un service de livraison de pizza qui la lui apportera à son domicile dans la demi-heure, chaude, prête à être mangée, pour un prix encore plus élevé.

– Il peut aussi aller manger une pizza dans un restaurant du voisinage où il bénéficiera du couvert, d'un service personnalisé, d'un décor, éventuellement de musique, mais le restaurant devra supporter, outre la logistique de son approvisionnement, les coûts des prestations de restauration. Le consommateur n'aura qu'un minimum d'actions à effectuer pour satisfaire son besoin de pizza…

Toutes ces variantes correspondent à peu près au même produit mais à de larges variations dans les prestations apportées et les actions nécessaires du consommateur.

Cet exemple est bien entendu un peu caricatural mais les stratégies des différentes parties à la *supply chain* peuvent donc varier très largement et doivent être étudiées avec soin, d'autant plus que l'on assiste à une lente évolution pour adjoindre toujours plus de services aux produits :

– le développement de produits nouveaux recourant de moins en moins à une participation active des consommateurs ;

– le développement des activités de service autour de la vente des produits industriels traditionnels ;

– le développement d'activités nouvelles de service prenant le relais des activités traditionnelles mais reposant sur de nouveaux produits industriels ;

– le développement de nouvelles formes de commercialisation, par exemple l'e-commerce, prenant le relais de la grande distribution classique.

■ Le développement de produits nouveaux recourant de moins en moins à une participation active des consommateurs

La grande distribution constate un accroissement continu du nombre des produits qu'elle distribue. Les nouveaux produits ne sont cependant pas seulement de nouvelles variantes commerciales de produits anciens mais assez souvent des produits nouveaux qui vont diminuer le rôle des consommateurs

dans la satisfaction de leurs besoins. Les sociologues constatent régulièrement le raccourcissement du temps nécessaire aux ménages pour la préparation de leurs repas. Le phénomène est lié à un changement important dans la nature des produits achetés et de leur présentation. L'on vend de moins en moins de produits demandant des préparations ou même une intervention préalable du commerçant. Les hypermarchés et supermarchés conservent des stands de boucherie, de poissonnerie, de découpe de fromages mais ces stands représentent une part de plus en plus faible du chiffre d'affaires des produits correspondants et jouent un rôle d'animation. La viande, et même le poisson désormais, s'achètent prédécoupés et pré-emballés. Les légumes sont vendus de plus en plus souvent en barquettes ou filets pré-emballés plutôt qu'à la balance. La salade est lavée, préparée et emballée. Les plats cuisinés se développent et le temps n'est pas loin où le consommateur français choisira ses plats pour la semaine dans une gastrothèque disposant de dizaines de plats préparés en différents formats (1, 2, 3 ou 4 personnes). Il restera bien entendu une certaine attirance des consommateurs pour la cuisine mais cette activité de loisirs, et non plus de nécessité, s'apparentera plus alors aux autres activités de loisirs telles que le bricolage, le sport ou la culture.

■ Le développement des activités de service autour de la vente des produits industriels

La vente de tous les biens complexes s'accompagne désormais d'une dimension de service qui prend de plus en plus d'importance. Il y a une trentaine d'années, quand Dassault commercialisa les premiers avions à réaction d'affaires, l'avionneur avait eu l'idée de mettre à la disposition des équipes peu importantes de maintenance de leurs clients des systèmes informatiques centralisés alimentés par les cartes remplies lors de chaque incident ou travail par les mécaniciens d'entretien en plus des informations traditionnelles sur les vols, atterrissages, etc. qui fournissaient par retour les préconisations de maintenance. De telles procédures se mettent en place de plus en plus souvent pour toutes les ventes de machines sophistiquées. De tels systèmes permettent en outre aux concepteurs de ces machines, d'exploiter toutes ces informations venues du terrain pour les améliorer progressivement. Bien entendu la gestion et la délivrance rapide des pièces de rechange en n'importe quel pays du monde sont aussi importantes. On a vu dans les chapitres relatifs au SLI et plus généralement à la logistique de soutien, le développement rapide de toutes ces techniques qui devraient peu à peu rejoindre de la même façon le domaine des produits vendus aux particuliers.

■ Le développement d'activités de service prenant le relais des activités traditionnelles

La restauration collective se développe régulièrement sous forme de restaurants d'entreprise, services hospitaliers ou cantines d'école. De plus en plus de consommateurs prennent une partie importante de leurs repas dans ces établissements gérés par des entreprises spécialisées. Les industriels de l'agroalimentaire ont pris conscience de l'importance de ces nouveaux modes de consommation et, selon la tendance actuelle à s'organiser en branches par marché, ont développé parfois, comme Bonduelle, des filiales spécialisées pour la distribution en restauration collective. Le format des produits, leur

nature et leur logistique sont évidemment différents de ceux des produits destinés à la grande consommation.

■ Le développement de nouvelles formes de commercialisation

On a vu dans le chapitre 9 consacré à la grande distribution, le développement de toutes les nouvelles formes d'e-commerce et leurs logistiques totalement différentes. Tous ces aspects montrent bien que la logistique des produits stricto sensu que nous avons surtout connue jusqu'à présent est en train d'évoluer vers une logistique à la fois de mise à disposition de produits et de services qui va obliger tous les partenaires de la *supply chain* à revoir profondément leur organisation dans les prochaines années.

■ Les démarches logistiques à partir du niveau de service

L'évolution des niveaux de service peut être rattachée au cycle de vie du produit lui-même. On peut en effet distinguer avec Dornier et Fender (2001), plusieurs niveaux de services logistiques correspondant aux étapes successives de la vie du produit :

– Initialisation commerciale en tout début de vie du produit avec les envois d'échantillon, les mises en place rapides de produit en prêt ou en démonstration.

– Lancement commercial de plus ou moins grande ampleur suivant la cible géographique.

– Régime permanent portant sur le produit, ses délais, sa disponibilité et ses emballages ainsi que services de réponses aux aléas, à la suite des incidentes ou variations de volume.

– Arrêt de commercialisation, opérations rapides de retrait des produits des points de vente et leur élimination.

■ Quelques stratégies de recherche d'un avantage de compétitivité à partir des niveaux de service

Certaines entreprises font de cette détermination de certains niveaux de service un outil de réalisation d'avantages concurrentiels avec des stratégies diverses. Elles peuvent utiliser un aspect particulier du service commercial pour en faire un axe fort de leur stratégie commerciale.

Certaines jouent sur les délais de livraison :

– les marchands de pizzas à domicile doivent pouvoir livrer en quelques dizaines de minutes ;

– le cas Webvan, déjà évoqué, emblématique des supermarchés en ligne de la nouvelle économie des années 1999-2001 ; après avoir levé 780 millions de dollars sur le marché, sa stratégie logistique affichée était la livraison gratuite de produits alimentaires et ménagers en une demi-journée ; pour y arriver, son célèbre président, Georges Shaheen, fit construire pour un milliard de dollars des entrepôts automatisés dans les plus grandes villes des États-Unis et l'histoire finit mal avec une faillite en 2001. Le *marketing mix* n'a pas permis d'atteindre le niveau de ventes qui aurait pu rentabiliser l'investissement logistique correspondant au niveau de service retenu…

Les entreprises du B2C ont découvert, parfois à leurs dépens comme dans l'exemple précédent, la nécessité de fournir des prestations commerciales d'un type nouveau : *tracking* des commandes et livraison accessible aux clients par

Internet, mise en place de points de livraison, technique des paniers virtuels pour la prise de commande avec mise à niveau des stocks disponibles en temps réel, etc.

D'autres entreprises peuvent mettre l'accent sur la qualité de leur service après-vente. Darty fait reposer une grande partie de ses efforts de promotion commerciale sur ces aspects, non sans succès. La location de voitures semble avoir un bel avenir devant elle, d'abord avec les flottes d'entreprise et ensuite avec les particuliers. Un des avantages est un haut niveau de service. On peut même imaginer que l'ensemble des biens durables d'équipements ménagers des particuliers ne tombe pas dans ce créneau dans la mesure où ce qu'attend le particulier n'est pas un équipement mais un service : on n'achète pas des machines à laver mais des lavages, mais ceci ne sera possible qu'au prix d'un niveau très élevé de maintenance avec connexion des équipements à des réseaux de télécommunications… Il s'en faut encore de quelques années.

L'informatique et l'EDI peuvent être un moyen de fidéliser une clientèle. Il en existe de nombreux exemples dans des domaines spécifiques avec la mise en place d'EPOS (*Electronic Point of Sales*). Ainsi Altadis (SEITA à l'époque), qui distribue la plupart des cigarettes en France, a conçu un système de caisse enregistreuse intelligente, le Strator, qui permet de suivre les ventes et de passer des commandes déterminées automatiquement. Il existe des systèmes équivalents mis en place par des distributeurs de produits pharmaceutiques.

Dans le même domaine pharmaceutique mais aux États-Unis, le cas de Bergen Brunswig (BB) est très représentatif d'une stratégie logistique segmentant la clientèle en plusieurs niveaux de services logistiques dont des niveaux établissant des relations privilégiées entre distributeur et détaillants. Au 1er niveau, on trouve un service standard à un prix raisonnable. Au 2e niveau, les détaillants qui achètent certaines quantités sont invités à participer à un système de remise à niveau quotidienne de leur stock avec un programme négocié de livraison. Au-delà, les drugstores qui acceptent BB comme seul fournisseur bénéficient d'un programme d'assistance avec terminaux spécialisés et outils de gestion. Au dernier niveau de service, sont mises en place de nouvelles activités avec un soutien commercial important du distributeur (Bowerson, Closs, 1996).

Ces exemples, et l'on pourrait en trouver beaucoup d'autres, montrent que la logistique peut être un élément important de la stratégie commerciale d'entreprise. En fait la négociation logistique devient de plus en plus souvent un élément moteur de la négociation commerciale en amont et en aval de chaque entreprise. On n'a pas évoqué ici les accords logistiques d'une extrême importance passés entre manufacturiers et assembleurs, par exemple les fabricants d'automobiles et leurs fournisseurs. Ce marketing de la logistique amont joue dans certains cas un rôle aussi important que le marketing aval et donc, comme nous allons le voir, la logistique n'est plus un simple élément du marketing mais se situe désormais au cœur de toute négociation commerciale particulièrement entre producteur et distributeur.

15.3.2 La logistique productrice de service au cœur de la négociation producteur-distributeur

On peut en effet considérer deux points de vue différents dans la position de la logistique en marketing, un point de vue du vendeur et un point de vue de

l'acheteur. Bien évidemment ces deux points de vue ne coïncident pas nécessairement.

Pour le vendeur, le *marketing mix* classique d'un produit comprend la politique de distribution au même titre que la politique de prix ou celle de promotion-communication ; la distribution physique était rarement considérée en tant que telle. Tout au plus les conditions logistiques étaient souvent considérées comme des caractéristiques immuables, et donc non susceptibles d'actions de différenciation vis-à-vis de la concurrence.

Mais la position de la logistique dans le *marketing mix* est un point de vue de vendeur et l'on peut se demander si les conditions logistiques de la vente d'un produit ne constituent pas, et cela de plus en plus, une caractéristique même du produit. Pour l'acheteur d'une automobile, la disposition immédiate du modèle proposé est une caractéristique différente de la disposition d'un autre modèle dans trois semaines. Les segments nationaux de clientèle ont d'ailleurs des comportements d'achat différents vis-à-vis de ces conditions. Le service après vente ou la livraison pendant le week-end peuvent être un élément fort d'une différenciation du produit comme l'a montré Darty.

Pour l'acheteur d'une entreprise de distribution, la qualité de la logistique de son fournisseur n'est pas sans importance. Elle a, comme on le verra, une valeur tactique mais elle a aussi une valeur en soi. Les erreurs de produits, de quantité ou d'étiquetage, les retards, avaries et ruptures de stock ont un coût. La diminution des surfaces d'arrière-magasin conduit à mieux organiser la réception des camions des fournisseurs à des heures précises. La qualité des relations avec les agents du fournisseur a son importance particulièrement en cas de litige ou d'incident : si une logistique irréprochable est invisible, ses déficiences sont des sources de conflits au cours desquels les échanges verbaux peuvent facilement prendre un tour très désagréable.

Le tableau 15.2, extrait d'une étude de l'IHEL (1997), montre différents critères de niveau de service relevés dans la branche commerciale d'une entreprise de produits cosmétiques vendus au grand public par l'intermédiaire de distributeurs. Ces critères sont destinés à mesurer l'attente des acheteurs des différentes enseignes et la position de l'entreprise face à la concurrence de façon à déterminer ensuite les indicateurs les plus pertinents et les orientations à donner aux politiques logistiques pour chacune des enseignes.

La difficulté est bien entendu de mettre en place des indicateurs significatifs et de les faire vivre à partir d'une première analyse. Mais le point important est la recherche systématique par les fournisseurs d'avantages concurrentiels nouveaux à travers la qualité logistique. Il s'agit alors d'une arme à la fois offensive et défensive. On notera cependant que si la logistique apparaît comme un pré-requis au référencement, elle n'est pas un critère de référencement au même titre que les prix, les campagnes publicitaires, les conditions commerciales, les actions promotionnelles, la notoriété de la marque le positionnement du fournisseur et du produit, etc. (Eurostaf, 1994).

C'est une arme offensive dans la mesure où elle vise à se différencier de ses concurrents sur un autre terrain que les prix ou la qualité même du produit, mais c'est aussi une arme défensive pour améliorer les conditions de la négociation avec le distributeur. En effet, la grande distribution utilise très souvent une arme de dissuasion : la menace de déréférencement. Cette arme est bien

Tableau 15.2 – Détermination des critères pertinents de niveau de service pour une entreprise de produits cosmétiques

Attentes des clients			Critères de niveau de service pour le service expédition de la logistique commerciale	Position face aux concurrents			Évolution		
peu important	important	très important		−	+	=	−	+	=
			Délai commande/livraisons						
			Respect des heures de livraison						
			Fréquence de livraison						
			Adaptation des véhicules						
			Compétence du conducteur						
			Conformité des produits						
			Erreurs qualitatives de préparation						
			Erreurs quantitatives de préparation						
			Ruptures annoncées à la commande						
			Ruptures constatées à la livraison						
			Présentation des produits						
			Identification des produits						
			Identification des palettes						
			Qualité des contacts téléphoniques						
			Réponse aux litiges						
			Réactivité en cas de problèmes						
			Clarté et lisibilité des documents de livraison						
			Qualité des documents de nomenclature						
			Niveau global de qualité perçue						

entendu implicite dans une négociation de prix, mais la menace de déréférencement pour des raisons de mauvaise qualité logistique peut simplement servir à mettre le vendeur dans une situation fragile avant ou pendant la discussion des prix et des quantités qui reste la finalité du débat commercial. La logistique d'un produit, par ailleurs d'une qualité incontestable, peut en effet être parfois un point faible du vendeur. Elle peut devenir un simple prétexte. On notera les retards de livraison à quelques quarts d'heure près, les ruptures même rares, les non-qualités minimes, etc. Il est cependant très rare que des industriels défaillants pour leur logistique soient déférencées par une centrale d'achat (Eurostaf, 1994). Certes la précision des contrats visant à la recherche d'une meilleure qualité logistique et la précision des mesures la constatant sont utiles et il y a parfois bien plus que des défaillances logistiques légères. Cependant si la pression du distributeur est facteur de progrès, elle peut aussi être un moyen de pression commerciale. La meilleure façon d'éviter une telle tactique de la part du distributeur est, pour le producteur, la recherche d'une certaine excellence logistique et les résultats d'une telle politique peuvent indirectement peser lourd au cours des négociations de la direction commerciale.

Mais l'enjeu est encore plus important sur le moyen et le long terme. Les adaptations entre les différents maillons de la chaîne logistique demandent des investissements et du temps pour rapprocher les procédures et les moyens. La logistique devient alors l'occasion pour le producteur de tenter d'établir explicitement ou implicitement une certaine forme de partenariat. Et bien entendu la création d'un partenariat entre distributeur et producteur suppose une certaine durée dont le principe même met en cause « l'arme du déréférencement ».

15.3.3 *Trade marketing*

De ces positions relatives du fournisseur et du distributeur est née une nouvelle forme de marketing qu'on a appelé le *trade marketing*. On peut distinguer deux cas dans le marketing du fournisseur auprès du distributeur :

– le cas où les représentants du fournisseur doivent négocier avec chaque point de vente ;

– le cas où le représentant du fournisseur négocie directement avec un groupe ou une centrale d'achat. Dans ce deuxième cas, et dans une moindre mesure dans le premier, il est évident que peuvent alors s'établir des relations personnalisées entre l'enseigne et la direction commerciale du fournisseur. Ces relations peuvent se traduire par la réalisation d'actions communes entre l'un et l'autre (Kotler et Dubois, 1994) ;

– marques cogérées : le producteur et le distributeur conçoivent, lancent et gèrent ensemble une marque commune soit permanente, soit temporaire en partageant ensemble les responsabilités et les résultats ; c'est finalement un service proposé par le fournisseur pour permettre au distributeur de créer sa propre marque ;

– lancements de produits en partenariat : une nouvelle gamme peut être lancée chez un distributeur avec une publicité commune à la marque et à l'enseigne ;

– EDI (échange de données informatisées) entre l'enseigne et le producteur pour diminuer les coûts et gagner du temps (voir chapitre 17) ;

– opérations promotionnelles « sur mesure » : le producteur s'insère dans une action promotionnelle de l'enseigne ou d'un point de vente (anniversaire, semaine de promotion, etc.).

Toutes ces actions communes ont des aspects logistiques importants. Pour pratiquer le *trade marketing*, le producteur se doit de mettre en place une organisation facilitant l'établissement de relations personnalisées : on voit se créer alors des responsables d'enseigne, *account manager*, directeurs de clientèles, etc., alors que chez les distributeurs des *category managers* sont responsables du *trade marketing* pour une catégorie d'articles. Une partie importante des relations entre les uns et les autres sont relatives aux modalités logistiques des actions communes et l'on voit donc se profiler à côté ou sous l'autorité du responsable d'enseigne des correspondants logistiques d'enseigne ou de clientèle.

15.4 Le point de vue de l'intégration

Le monde économique est un vaste réseau qui, depuis l'extraction des ressources naturelles jusqu'aux consommateurs, élabore des produits de plus en plus complexes. Une entreprise occupe une place déterminée dans ce réseau et, dans les périodes d'expansion, la question stratégique est de déterminer selon quelles dimensions l'entreprise va s'étendre. Dans des périodes de récession il faudrait d'ailleurs considérer aussi bien selon quelles dimensions elle va se restreindre, ou comme il est préférable de dire, comment elle va se « recentrer ». Cette question est un des aspects les plus classiques de la réflexion stratégique. L'extension vers l'aval peut consister à absorber peu à peu des entreprises qui utilisent ses propres produits ou des canaux de distribution vers de nouveaux segments de clientèle. L'extension amont consiste au contraire à absorber ses propres fournisseurs. Mais l'intégration peut être horizontale en fabriquant de nouveaux produits destinés soit à de nouveaux segments de clientèle, soit aux mêmes.

L'objectif est de mieux contrôler l'approvisionnement en évitant les ruptures, de massifier les flux en combinant transport amont et aval et de limiter les effets néfastes du *bullwhip*.

15.4.1 Intégration stricte

L'intégration verticale est largement passée de mode, tout au moins celle qui consistait à intégrer progressivement ses fournisseurs. Les grands combinats n'ont pas prouvé leur supériorité et les aventures de Ford ou US Steel sont d'un autre temps. Dans l'autre sens, seule l'industrie automobile a conservé une part importante de son réseau de distribution, comme les promoteurs immobiliers et plus généralement tous ceux qui vendent des biens durables ou semi-durables de grande valeur.

Deux questions s'imposent alors vis-à-vis de l'organisation logistique :

– Convient-il ou non de prendre en charge les opérations logistiques avec ses partenaires amont et aval ? C'est le problème crucial de « la logistique des frontières ».

– Doit-on conserver des logistiques distinctes vis-à-vis des différents canaux de distribution ou vis-à-vis des différents segments de clientèle ou au contraire chercher à unifier ses moyens logistiques ?

■ Logistique des frontières

La logistique est constituée d'activités aux frontières amont et aval, que l'entreprise peut vouloir contrôler ou non. Ainsi a-t-on vu la grande distribution s'efforcer le plus souvent de contrôler sa logistique d'approvisionnement. Alors qu'il y a quelques dizaines d'années, les surfaces commerciales étaient approvisionnées par des grossistes ou directement par des fournisseurs à partir de leurs réseaux propres d'entrepôts nationaux et régionaux, la grande distribution a le plus souvent mis en place sa propre infrastructure de magasins nationaux et de plates-formes régionales pour toutes les raisons que l'on a par ailleurs analysées : contrôle des coûts logistique, achats spéculatifs, réduction des arrières-magasins, appel à de petits fournisseurs mal équipés, etc.

La possession d'une organisation logistique propre, sous-traitée ou non, est en plus pour un distributeur un outil utile dans ses négociations de prix. En effet, il peut, pour référencer un produit, demander au fournisseur une proposition pour le prix du produit et des propositions pour les coûts logistiques. Le fournisseur se trouve alors dans une position délicate : s'il propose un coût logistique faible, son produit ne sera pas référencé car trop cher en lui même mais s'il propose un prix logistique fort, le distributeur peut lui proposer d'acheter les produits départ usine et de prendre en charge les coûts logistiques. Les producteurs en position délicate sur un marché où les capacités de l'offre sont très largement supérieures à la demande n'ont pu que s'incliner en réduisant leur propre infrastructure au fur et à mesure que le nombre des points de livraison se réduisaient. La grande distribution a donc tendu depuis quelques décennies à contrôler ses frontières logistiques amont.

En sens inverse, le *trade marketing*, l'ECR ou le CRP ont souvent été proposés par des fournisseurs à leurs distributeurs. C'est une stratégie intéressante pour un producteur bénéficiant de marques connues donc difficilement contournables par le distributeur. C'est le cas par exemple de l'Oreal ou Procter & Gamble. La stratégie claire du producteur est alors d'essayer de regagner une partie du contrôle de la chaîne logistique grâce à un service proposé de manière personnalisée. Ce contrôle pourra d'ailleurs être repris soit sous forme directe soit sous forme d'un partenariat impliquant de toutes façons des relations plus équilibrées entre fournisseur et distributeur.

Une organisation logistique efficace permettant de livrer plus rapidement ou plus fréquemment des clients peut se révéler un avantage concurrentiel important vis-à-vis d'un marché éclaté entre de multiples distributeurs. Sur le marché des ordinateurs ou des périphériques, les fabricants maintiennent une organisation logistique performante un peu contraints et forcés. En effet, les distributeurs ne veulent évidemment pas stocker des matériels de grande valeur et dont l'obsolescence est rapide.

Vers l'amont, les fabricants automobiles ont tendu à contrôler la logistique qui amène les composants de leurs sous-traitants aux usines de montage, qu'il s'agisse d'imposer leurs propres transports, d'exiger l'implantation industrielle du sous-traitant à proximité de leurs usines ou d'imposer les modalités du juste-à-temps relatif ou même synchrone.

La figure 15.5 issue de pratiques dans le secteur automobile au Brésil est parfaitement illustrative de la main mise par les constructeurs automobiles sur le transport amont pour massifier les approvisionnements. Des plateformes de consolidation amont sont mises en place sur lesquelles sont *cross-dockés* les équipements avant d'être tractionnés vers l'usine d'assemblage-montage des véhicules. La mise en œuvre d'un système de traçabilité est essentielle car il permet de s'assurer de la bonne exécution des délais et de la synchronisation des flux et ce, pour limiter à la fois les stocks d'en-cours et les retards qui pénaliseraient la production et conduirait à des arrêts de ligne très coûteux.

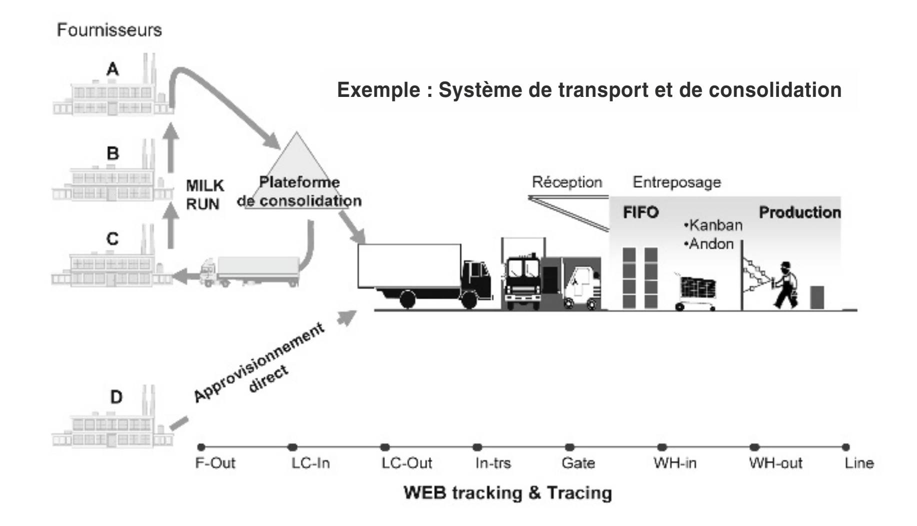


Figure 15.5

En logistique de soutien, les ensembliers se sont efforcés pendant longtemps de faire assurer par leurs clients la conservation des pièces de rechange afin de garantir une disponibilité immédiate. Dans le domaine aéronautique des règles de disponibilité très rapide existaient, au prix cependant d'un coût important (AOG). La vente des pièces de rechange assurait une part non négligeable du chiffre d'affaires dans l'aéronautique, l'informatique, les télécommunications, etc. Depuis quelques années les progrès de la performance logistique permettent d'expédier en quelques heures des pièces nécessaires. D'autre part, le taux de rotation de ces pièces de rechange est souvent catastrophique compte tenu de la fiabilité des nouveaux équipements, par exemple en électronique. Il en résulte des pressions très fortes vis-à-vis des fournisseurs pour qu'ils tiennent à disposition des utilisateurs des procédures logistiques très rapides et fiables et même pour qu'ils prennent à leur charge les stocks de pièces de rechange qu'ils mettent à disposition chez l'utilisateur. En Amérique du Nord, certains fabricants de commutateurs livrent directement

toutes les cartes d'abonnés destinées à leurs clients qui ne se voient facturer chaque mois que celles qu'ils ont effectivement utilisées. Des procédures analogues apparaissent en maintenance. La frontière est donc en train de se déplacer du fait de la concurrence entre fournisseurs et d'une plus grande sensibilité des utilisateurs aux coûts de soutien.

■ Intégration des logistiques d'entreprises identiques

Le développement des entreprises se fait souvent par croissance externe en assimilant progressivement d'autres entreprises de même nature. Il en est alors de la logistique comme de toutes les autres activités de soutien de l'entreprise : comptabilité, contrôle de gestion, gestion des ressources humaines, etc. L'économie des moyens, l'intérêt de rassembler les ressources et d'unifier les procédures conduit à fusionner les services redondants. Les conceptions des logistiques peuvent être très différentes (externalisées ou non, avec organisation régionale ou non, etc.), les profils des logisticiens peuvent être très différents, les organisations, les performances et les coûts aussi. Lorsque les zones de chalandise, au sens large, sont les mêmes, il est clair que l'on a tout intérêt à fusionner entrepôts, plates-formes et flottes de transport ou tout au moins à les redéployer en les spécialisant éventuellement par type de produit ou segment de clientèle plutôt que par origine sociale. Le pilotage de l'ensemble doit le plus souvent être unifié. Au cours de ces dernières années, ce fut une des raisons majeures de réaliser des schémas directeurs logistiques que d'unifier les organisations provenant d'entreprises différentes.

■ Une logistique ou des logistiques au sein d'une même entreprise

Une entreprise a souvent plusieurs flux logistiques bien différenciés : approvisionnement des usines et production, distribution des produits, soutien des équipements industriels, etc. Même à l'intérieur d'une logistique de distribution, on ne livre pas de la même façon ni dans les mêmes unités, ni dans les mêmes quantités, ni avec les mêmes emballages ou les mêmes étiquettes, ni avec les mêmes délais, des hypermarchés ou des petits distributeurs spécialisés, etc. On peut donc se demander si une entreprise doit construire une logistique unique pour traiter tous ces flux différenciés ou au contraire spécialiser son organisation logistique par flux, catégorie de produit, canal de distribution ou même enseigne de ses clients. Il va de soi que la mise en œuvre de canaux logistiques différents ne supprime pas la nécessité de coordonner les flux entre les différentes logistiques, ce qui conduit presque nécessairement à construire peu à peu un système informatique intégré de contrôle de ces flux.

Par ailleurs, on peut penser qu'a priori une standardisation des moyens et des procédures doit conduire à des économies d'échelle. La différenciation peut se faire, comme on le verra, par l'intervention de chefs de produits logistiques ou responsables logistiques d'enseignes, etc. Maintenant certaines entreprises veulent conserver une certaine souplesse en ne modifiant pas leur logistique pour aborder de nouveaux segments de marché. Elles sous-traitent donc une organisation logistique particulière sans investissements ni adaptations.

Il est difficile de proposer une solution simple à ce problème bien que l'on puisse considérer que bien souvent la coexistence d'organisation différenciées résulte plus souvent de l'histoire que de la nécessité.

15.4.2 Intégration internationale

Nous sommes d'évidence dans une ère de mondialisation de l'économie. Ceci s'est traduit de trois façons au cours des dernières décennies :

– de nombreuses entreprises de production, et quelques entreprises de distribution, sont devenues des entreprises internationales avec des usines et des entrepôts dans de nombreux pays ;

– le monde économique est en train de s'organiser en zones économiques : Union Européenne, ALENA en Amérique du Nord, MERCOSUR en Amérique du Sud, APEC en Asie. Chacune de ces zones rassemble plusieurs centaines de millions de consommateurs et a pour ambition de faciliter les échanges en supprimant progressivement les barrières douanières et les droits entre États. On peut aussi penser que les produits vont peu à peu s'homogénéiser entre les pays d'une même zone ;

– les taux de frets maritimes et aériens ont baissé de façon importante, facilitant les échanges même si la pression sur les volumes a rarement conduit à des augmentations de prix.

Il résulte de tout cela que les entreprises devenues internationales se doivent de réorganiser leur logistique en fonction de leurs marchés et des conditions du transport. Le phénomène est particulièrement important en Europe. Beaucoup d'entreprises internationales de production ont des usines réparties sur l'Europe. Dans chaque pays, elles avaient créé un entrepôt pour distribuer leurs produits dans ces pays. Dans un premier temps, les usines ont eu tendance à se spécialiser par produit ou type de produits, de façon à obtenir un avantage de productivité avec des productions plus importantes. Chaque entrepôt national était donc alimenté en produits par les différentes usines du groupe, ce qui supposait déjà une mise en commun des prévisions de vente et donc de production. Des directions logistiques de groupe ont vu le jour pour gérer ces prévisions et ces nouveaux flux.

Aujourd'hui, avec la disparition progressive des barrières douanières, un même entrepôt peut servir plusieurs pays et l'on assiste à une redistribution des entrepôts à travers l'Europe, ce qui suppose encore une nouvelle intégration logistique. Souvent les filiales nationales d'un même groupe émanaient d'entreprises différentes rassemblées peu à peu selon une stratégie de développement externe. Chacune d'entre elle avait sa propre organisation logistique. D'ailleurs même les filiales nationales issues directement d'un même groupe avaient souvent des organisations et des procédures logistiques différentes compte tenu des usages de chacun des pays. Tout cela est en train de changer et il n'est plus rare désormais qu'une direction logistique de groupe ne réorganise sa logistique de production et de distribution au niveau de l'Europe.

15.4.3 La vente directe sur Internet va-t-elle bouleverser les rapports producteurs/distributeurs ?

La question pouvait surprendre lors de la première édition de cet ouvrage. Internet n'était pas encore très à la mode. Il semblait bien alors que dans le premier round qui opposait depuis trente ans distributeurs et producteurs, les premiers avaient largement gagné aux points, sinon même parfois par K.-O.,

car un certain nombre de producteurs avaient disparu entre temps. Internet et la vente directe peuvent-ils modifier ce nouvel équilibre ? Logiquement, rien n'interdirait de penser qu'avec le développement d'Internet le producteur ne mette ses produits en vente, soit sur son propre site, soit dans une cybergaleries. La suppression de la marge du distributeur est alors en mesure de diminuer très sensiblement les prix de vente et donc de provoquer l'intérêt du consommateur. La marge brute et la marge arrière d'un hypermarché représentent près de 15 % du CA. On peut certes objecter que peu de consommateurs utilisent Internet mais l'on sait que le pourcentage va augmenter de façon importante dans les très prochaines années et particulièrement parmi ceux qui ont le meilleur pouvoir d'achat. On peut supposer que le consommateur préfère voir le produit qu'il achète et interroger un vendeur au moins pour les achats les plus importants, mais rien n'interdit de penser qu'Internet permettra bientôt d'entrer instantanément en contact téléphoniquement et peut-être un jour visuellement avec un vendeur chaque fois qu'il le désirera. Le consommateur peut vouloir comparer divers produits mais rien n'est plus facile avec les cybergaleries spécialisées. À accumuler les objections, la vente sur catalogue n'existerait pas, or elle existe.

Le seul problème est logistique, comme l'a montré le chapitre 9 (B.9.7). Le coût du dernier kilomètre peut s'avérer plus important que la marge du distributeur et la vente par un producteur sur Internet peut entraîner des coûts de marketing, de traitement des commandes et des coûts logistiques insupportables. Une « réintermédiation » se dessine donc, susceptible certes de créer une nouvelle concurrence entre distributeurs mais qui ne paraît pas de nature à modifier fondamentalement les rapports entre producteurs et distributeurs.

15.5 Du *trade marketing* à la théorie de la coopération logistique

La théorie de la coopération logistique est apparue progressivement dans la réflexion logistique ou même dans la réflexion plus générale sur le management stratégique. Il est certain qu'en Amérique du Nord les relations entre entreprises étaient jusqu'à une époque récente plus volontiers conçues comme des affrontements que selon des modes de coopération. Il paraissait même que tout ce qui pourrait entraver l'esprit de la concurrence en créant des liens permanents entre les différents acteurs du marché pouvait sembler dangereux. Ce n'est que ces dernières années qu'ont émergé de nouveaux modes de coopération particulièrement dans le domaine logistique, peut-être, comme nous l'avons vu, sous la pression d'une part des développements informatiques, et particulièrement de l'EDI, et d'autre part de la vogue du juste-à-temps japonais. Ainsi sont apparus successivement le *trade marketing* et l'ECR qui tendent désormais à répandre de nouvelles formes de partenariat entre producteurs et distributeurs.

Dans le même temps, à la fin des années 90, l'IHEL (Institut des hautes études logistiques de l'ESSEC) engageait en France une réflexion plus générale sur l'intégration logistique. L'intégration logistique peut prendre plusieurs formes :

– une intégration fonctionnelle en rassemblant autour des flux les différentes fonctions qui y concourent ;

– une intégration géographique, résultat du passage d'une économie locale ou régionale à une économie mondiale ;

– une intégration sectorielle entre acteurs participant aux mêmes flux de satisfaction de la demande.

La coopération logistique entre entreprises est la résultante de ces divers tendances à l'intégration, mais elle est beaucoup plus que cela dans la mesure où elle peut apparaître comme une condition nécessaire, sinon suffisante, pour une meilleur performance économique. Le *trade marketing* a été défini par Casino comme « 1 + 1 = 3 ». Avec l'ECR, on parle volontiers de stratégie « gagnant-gagnant » par opposition aux jeux à somme nulle de la théorie des jeux.

Pour les professeurs Philippe-Pierre Dornier et Michel Fender, et bien d'autres chercheurs associés à ces réflexions, « la coopération constitue la voie privilégiée de l'optimisation globale des chaînes d'approvisionnement et la logistique est l'activité à partir de laquelle il est possible d'organiser cette coopération » (IHEL, 1997). C'est particulièrement dans le domaine des relations entre producteurs et distributeurs de produits de grande consommation qu'ils se sont efforcés de distinguer les différentes étapes du développement de cette coopération, telles qu'elles apparaissent depuis quelques années.

• Coopération logistico-opérationnelle. « L'objectif est d'éliminer les coûts de dysfonctionnement en produisant le service voulu. » L'activité logistique se traduit non pas par une modification du produit, mais par de simples déplacements dans l'espace, et par conséquence dans le temps : les dysfonctionnements sont donc particulièrement apparents et il est normal que les agents opérationnels de cette logistique, aussi bien chez le vendeur que chez l'acheteur, s'efforcent de les réduire.

• Coopération logistico-commerciale. « L'objectif est de baisser la somme des coûts de l'ensemble (recherche d'une plus grande efficacité du système) en intégrant la composante commerciale que l'on cherche à améliorer (chiffre d'affaires, marges) en s'appuyant sur des organisations et des systèmes logistiques adaptés et en reconnaissant la nécessité d'une approche différenciée par famille logistique. » C'est la stratégie gagnant-gagnant de l'ECR ou du *trade marketing*.

• Coopération logistico-marketing. L'objectif est d'« adapter le produit par une conception partagée et une démarche conjointe en terme marketing pour accroître la fonction d'utilité du consommateur. Dans ce mode, l'échange relationnel s'inscrit dans la durée, les investissements (création de valeur distinctive) et les gains (financiers, commerciaux, coûts) sont partagés. »

• Coopération logistico-stratégique. « Situation où producteurs et distributeurs coopèrent pour prospecter ensemble des marchés nouveaux (de développement à l'international par exemple) ou réaliser des opérations de croissance externe par rachats de société industrielles ou de distribution pour répondre à la stratégie du partenaire. »

La question que l'on peut cependant se poser est : « Est-ce que nous ne sommes pas en train d'assister à la naissance d'une nouvelle économie ? » Il s'agirait d'une économie qui ne serait plus strictement de marché, mais plutôt

une économie de coopération entre de grands groupes de producteurs et/ou de distributeurs. La distinction que nous faisions dans l'analyse du système informatique global de l'entreprise entre l'axe financier et l'axe logistique ne serait-elle pas l'expression de nouvelles approches stratégiques imposées par la nature même de l'activité logistique, qui n'est jamais un simple échange de marchandises. Nous nous garderons bien d'y répondre, mais le responsable logistique d'une entreprise se doit lui de se poser ce type de question lorsqu'il considère la stratégie de son entreprise pour en déduire la planification de son projet logistique.

Bibliographie

BOWERSON D.J., CLOSS D.G., COOPER B., *Supply chain logistics Management*, McGraw Hill, 2002.

DORNIER P.P., FENDER M., *La logistique globale et le supply chain management*, Éditions d'Organisation, Paris, 2001.

EUROSTAF, *La logistique de la grande distribution*, Étude réalisée en 1994, Paris.

EYMERY P., *La stratégie logistique*, Que sais-je ? PUF, 2003.

GILL P., ABEND J., « Wal-Mart : The supply chain heavyweight champ », *Supply Chain Management Review*, Newton, Massachussett, États-Unis, 1997.

HARRISON A., VAN HOEK H., *Logistics Management and Strategy*, Prentice Hall, 2007.

KOTLER P., DUBOIS B., MANCEAU D., *Marketing Management*, Pearson Education, Paris, 2006.

LENDREVIE J., LEVY J., LINDON D., *Mercator, théorie et pratique du marketing*, Dalloz, Paris, 2006.

ROBERSON, COPACINO W.C. *et al.*, *The Logistics Handbook*, The Free Press, New York, 1994.

SAMII A.K., *Stratégie logistique*, Dunod, Paris, 2004.

SHAPIRO R. D., JESSE Philips, Professor of Manufacturing Harvard University, Graduate School of Business Administration, Mutation des organisations logistiques dans les entreprises américaines.

Institut des hautes études logistiques, Modes de coopération logistiques dans les relations producteurs/distributeurs dans le secteur des produits de grande diffusion, *Les Cahiers de l'IHEL*, Paris, 1997.

WELCH J., *Mes conseils pour réussir,* Village Mondial, Paris, 2005.

16 • ORGANISATION

16.1 Difficultés d'organisation

La première difficulté d'organisation est relative à la définition du périmètre de la logistique en termes fonctionnel et opérationnel. De l'amont à l'aval de la supply chain, de la conception de nouvelles stratégies à l'exécution opérationnelle, autant de découpages de responsabilités et de périmètres possibles en termes de mission et d'objectif.

La seconde concerne le rattachement hiérarchique de la logistique au sein de l'organisation de l'entreprise. Il n'est pas rare de voir la logistique rattachées à :

– la direction financière. Cette situation peut surprendre mais un certain niveau de maturité dans des entreprises de taille moyenne en fort développement peut conduire à ce rattachement pour garder le contrôle des stocks et éviter tout dérapage et le suivi des coûts logistiques. C'est le cas chez Nespresso France aujourd'hui ;

– la direction industrielle ou direction des opérations qui montre que dans ce cas, la logistique n'est considérée que comme un jalon intermédiaire entre les sites de production et les sites clients et surtout appréhendé uniquement comme un levier opérationnel mettant à disposition des moyens et des ressources avec une sensibilité à la notion de service qui reste faible. C'est le cas d'Essilor pour la logistique dite amont ou encore de Boehringer Ingelheim, laboratoire pharmaceutique au sein duquel la production occupe une place très critique du fait des problèmes de qualité ;

– la direction des achats. C'est souvent le cas d'entreprises pour lesquelles les opérations d'achats, d'approvisionnements, de gestion des flux d'importation sont prépondérantes et qui dotent les achats de la fonction logistique pour sécuriser et optimiser les activités achats. Ce fut le cas très longtemps pour France Telecom qui avait une direction commune des achats, des approvisionnements et de la logistique ou de sociétés d'extraction et de transformation de minerais comme Managem du groupe ONA au Maroc qui gèrent des flux d'importation très importants de produits chimiques nécessaires à leur activité ;

– la direction commerciale qui appréhende la logistique comme productrice de services différenciés pour le compte de ses clients selon une segmentation propre. La logistique peut même prendre la forme d'une direction ou d'un service client. Ce fut le cas jusqu'en 2007 pour L'Oréal qui positionnait une logistique commerciale au sein de ses affaires elles-mêmes organisées par

ligne de produit et canal de distribution et c'est encore le cas aujourd'hui pour Essilor pour sa logistique dite aval au sein de chacune des filiales pays ;

– la direction de l'organisation et des systèmes d'information ou une direction de la performance des flux. On rencontre cette forme d'organisation chez les distributeurs comme Prodirest du groupe Carrefour racheté en 2006 par Trans-Gourmet et c'est le cas actuellement chez ATAC, société des supermarchés du groupe Auchan.

Finalement, les directions logistiques ou *Supply Chain* qui ont conquis leur autonomie et leur siège au Comité de Direction des entreprises existent bien évidemment (Michelin, Heineken, Carrefour,...) mais il est clair qu'il s'agit d'une véritable rupture que d'acquérir cette autonomie et cette parité par rapport aux autres fonctions clés de l'entreprise.

Il apparaît assez clairement que cette diversité de formes organisationnelles est révélatrice du niveau de maturité des entreprises face à leurs activités logistiques. À un niveau assez élémentaire et opérationnel, la logistique est faite de tâches nécessaires mais simples : emballer, transporter, stocker, déstocker, etc. Sa valeur ajoutée n'est rien d'autre que son coût, s'il est minimal. Mais c'est une technique sujette à des dysfonctionnements permanents : il n'y a pas de prévisions parfaites, pas de stock sans rupture, pas de fournisseurs sans retards de livraison, pas de transports sans pannes ou accidents, pas de manutention sans casse, etc. La logistique ne trouve sa véritable efficacité que dans la remédiation rapide, voire immédiate, à ces dysfonctionnements. Mais la logistique est aussi transverse par nature. Chaque incident demande une intervention immédiate soit au sein de services logistiques, soit auprès d'autres services de l'entreprise : production, services commerciaux, services d'achat, etc., soit auprès d'autres entreprises : clients, fournisseurs, transporteurs, affréteurs, etc. Ce caractère le plus souvent transverse des problèmes à résoudre oblige le directeur de la logistique à s'impliquer dans la gestion quotidienne, à intervenir souvent lui-même ou à faire intervenir d'autres directeurs dans l'entreprise ou en dehors. Ses délais sont le jour ou même l'heure. Son outil est le téléphone ou le fax. Son souci principal doit être la gestion immédiate des flux et des stocks. Ce métier exige un profil particulier, proche du terrain, rapide, réactif. Si ce profil n'existe pas dans l'entreprise, il n'y a pas de service logistique efficace.

Or la gestion d'un grand service logistique demande un profil différent de gestionnaire gérant des budgets annuels, des investissements, négociant avec le personnel, la direction générale, les autres services de l'entreprise et les fournisseurs. Son horizon de gestion est l'année ou le trimestre. Ses responsabilités sont hiérarchiques et budgétaires. C'est un autre métier, un autre esprit, un autre profil.

Un troisième métier de directeur logistique s'est dessiné depuis quelques années, celui d'organisateur de la fonction logistique et de concepteur de solutions logistiques : concevoir les évolutions de la fonction logistique, réaliser et mettre en œuvre des schémas directeurs logistiques, concevoir les systèmes informatiques aptes à relier tous les partenaires de la logistique aussi bien dans l'entreprise qu'à l'extérieur de l'entreprise. C'est une fonction tout à fait nouvelle si l'on pense que beaucoup de grandes entreprises ne connaissent pas leurs flux logistiques.

Il est clair qu'au sein d'organisations sophistiquées et de grande taille, on peut trouver 3 niveaux auxquels sont représentées des fonctions logistiques et *supply chain* :

– au niveau des *Business Units* qui gèrent de manière autonome toutes les fonctions clés et y compris les activités industrielles, commerciales, marketing. La fonction *Supply Chain* qui rapporte directement au patron de la BU aura la mission de formaliser les *Service Level Agreements* (SLA) des différents segments de clients, de réaliser les prévisions des ventes, de planifier au niveau directeur les sites industriels et de gérer la logistique de mise à disposition des produits vers les clients depuis les sites de production de la BU ;

– au niveau continental, la logistique cherchera tout en prenant en compte les opportunités et les contraintes propres à chaque zone géographique à mutualiser des ressources et des moyens (entreposage, transport) dans une logique de transversalité par rapport aux BU présentes sur le continent en question. Son travail n'est pas des plus simples car il s'agit de convaincre les BU d'utiliser des moyens communs en respectant la promesse d'équité de traitement et de faire face à la difficulté d'imputer des coûts par définition partagés entre chacune des BU ;

– au niveau *corporate* la fonction *Supply Chain* centrale présente au comité exécutif groupe aura la mission d'assurer un benchmark interne et externe pour maintenir un niveau de performance élevé, d'homogénéiser les règles de *reporting* et de mesure de performance, de standardiser les meilleures pratiques par exemple en matière de *supply chain planning* et de logistique opérationnelle, d'animer les communautés de logisticiens et de *supply chain managers* dans l'ensemble de l'entreprise et éventuellement de prendre à sa charge la seule responsabilité opérationnelle qui ait du sens à ce niveau très central de l'organisation, à savoir l'optimisation des flux inter-continentaux et les achats de prestations logistiques et de transport auprès de fournisseurs globaux.

Il paraît très difficile de concilier tous ces profils dans un même homme. On notera en plus que la logistique est un métier souvent ingrat car elle apparaît peu lorsque le système marche bien, mais devient évidente dès qu'un dysfonctionnement se manifeste. On s'explique alors que les services logistiques ont beaucoup de mal à trouver leur équilibre.

16.2 Typologie des organisations logistiques

16.2.1 L'organisation militaire

L'organisation militaire est aux prises avec cette difficulté depuis ses origines. La solution classique consiste à séparer l'organisation opérationnelle et l'organisation des services de soutien. Des grands services de soutien gèrent les moyens logistiques : services du matériel, intendance, commissariats, arsenaux, train des équipages, etc. Ces services sont organisés de façon hiérarchique : des directeurs gèrent des moyens en matériel, personnel et finances. Ils peuvent même être constitués en « directions » indépendantes des forces opérationnelles. Mais auprès de chaque responsable opérationnel, on trouve, dans son état-major, un bureau logistique chargé de mettre en

œuvre la « manœuvre logistique » en utilisant les moyens des services. En temps de paix, il peut exister des tensions entre opérationnels et responsables de services logistiques : la marine française a ainsi connu au XVIII[e] siècle ce qu'on a appelé « la guerre de la plume et de l'épée » entre intendants du roi ou commissaires, soucieux d'économie des moyens et de bonne gestion, et officiers de vaisseau plus soucieux d'efficacité militaire. Il lui a fallu quelques siècles pour construire des équilibres précaires entre les uns et les autres. En temps de guerre, il va de soi que la primauté de l'opérationnel et la place des bureaux logistiques dans chaque état-major permettent de résoudre les innombrables conflits possibles.

16.2.2 Les grands services logistiques d'entreprises ou d'administrations

Faute de guerres pour redonner la priorité à l'opérationnel, beaucoup de grandes entreprises ou d'administrations sont tombées dans le piège des grands services logistiques. D'importants moyens en matériel et personnel conduisent à mettre en place des pyramides hiérarchiques peu propices à la réactivité. Le souci du responsable d'un tel service n'est pas de répondre dans la demi-heure à toute demande urgente ou de résoudre tout problème ponctuel mais de « gérer son service » en fonction de son budget, de défendre son personnel, d'accumuler des stocks de prévoyance et de défendre ses frontières avec les autres services de l'entreprise. « Faites-nous de bonnes prévisions annuelles, donnez-nous les crédits nécessaires et laissez-nous faire... » Les fonctions opérationnelles de la logistique sont assurées par des échelons situés loin de la direction générale et même de la direction des services logistiques. La débrouillardise, les relations personnelles aux échelons d'exécution, des « matelas » confortables permettent de maintenir une certaine qualité du service sans faire remonter les problèmes. On peut même penser que ces grands services logistiques sécrètent des empilements de niveaux hiérarchiques pour éviter à leurs gestionnaires d'avoir à s'impliquer dans les problèmes mineurs du quotidien. Une telle organisation, peu propice au développement de relations transverses, se développe le plus souvent dans des organisations très hiérarchisées et donc particulièrement en France. Bien entendu le coût

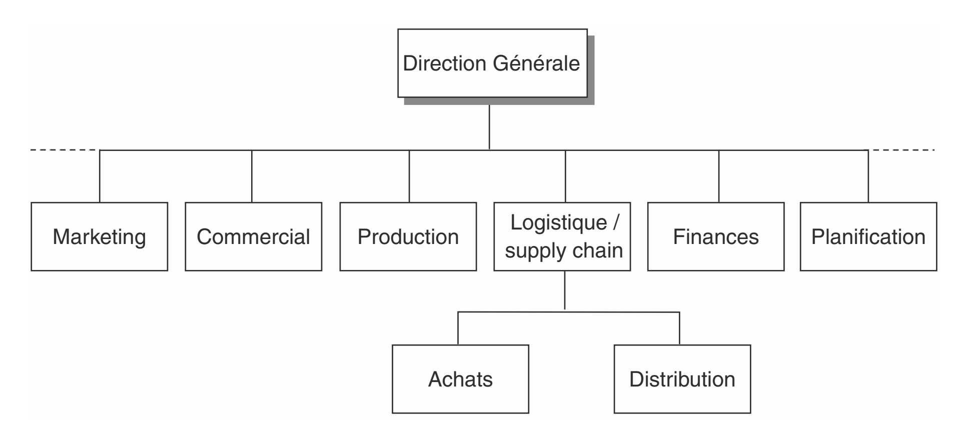


Figure 16.1 – Exemple d'organisation hiérarchisée de logistique.

d'une telle organisation peut être assez considérable, ses performances médiocres et sa réactivité faible face à des changements d'environnement.

16.2.3 La logistique, direction fonctionnelle

Des entreprises plus soucieuses de rentabilité répugneront à créer de grands services logistiques. Elles laissent assez souvent le soin aux échelons opérationnels (usines, services commerciaux régionaux, directions de produit, etc.) d'organiser et de gérer au mieux leur logistique. On a vu que de grandes entreprises de distribution n'ont eu pendant longtemps ni entrepôts, ni flotte de transport, ni direction logistique. On a vu aussi que le besoin était apparu depuis quelques années de piloter cette logistique aussi bien dans le domaine industriel que dans la grande distribution. On a alors créé des services centraux de logistique, mais sans leur rattacher hiérarchiquement les services logistiques de l'entreprise. On se retrouve un peu avec l'organisation logistique militaire classique distinguant état-major et moyens. La différence est que la logistique n'est pas constituée en grands services, mais reste le plus souvent rattachée à chacun des niveaux d'organisation. On est alors proche d'une structure matricielle où la direction logistique joue un rôle de coordination transverse entre tous les services de l'entreprise.

Les termes peuvent cependant être trompeurs. Les services logistiques de base (entrepôts, transports, etc.) conservent souvent leur nom tandis que les fonctions opérationnelles de pilotage logistique sont assurées par des services industriels ou commerciaux que l'on n'appelle pas toujours « logistiques ». On trouve alors de nombreux services logistiques d'entreprise dont la fonction est strictement hiérarchique, mais dont l'activité est pilotée par un service d'ordonnancement ou un service commercial ou encore un service d'achat. La difficulté est qu'il existe le plus souvent plusieurs logistiques au sein d'une entreprise, soit selon la nature des flux (distribution physique, production, approvisionnement), soit selon la nature des produits. Chaque fois qu'il est effectué une enquête sur la logistique dans les entreprises, on ne sait jamais trop ce que représente le service qui répond : un service opérationnel ou fonctionnel, amont ou aval, distribution ou SAV, etc.

La difficulté est de trouver une place à ces services de pilotage logistique. Ils peuvent être à l'origine un simple comité permanent regroupant par exemple tous ceux qui au sein de l'entreprise s'occupent de distribution physique : transport, ventes, stocks, etc.

Cette tendance semble particulièrement marquée aux États-Unis où de nombreuses entreprises ont des vice-présidents logistiques et supply chain. Cela étonne parfois les responsables d'entreprises françaises pour qui la gestion des transports et des entrepôts ne paraît pas être un souci de direction générale. Plusieurs explications permettent de mieux comprendre cette fonction :

– pour certaines entreprises de distribution par exemple, la logistique est, comme on l'a vu, une activité stratégique qui nécessite les coordinations évoquées ci-dessus. Cette coordination est une tâche essentielle compte tenu des enjeux financiers ;

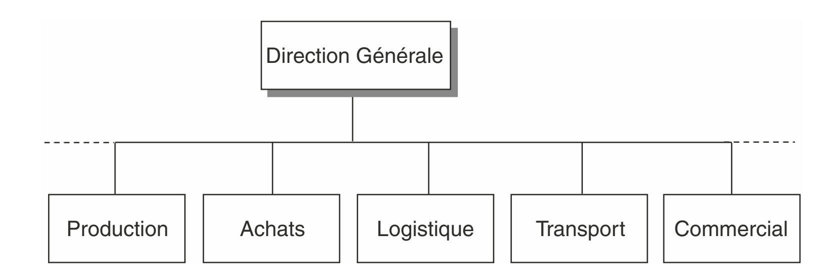


Figure 16.2 – Exemple d'organisation de logistique avec rôle de pilotage.

– comme on le verra, les achats constituent une activité qui fait partie de la *supply chain*, or cette activité peut être d'une grande importance pour l'entreprise. On trouve donc assez souvent des vice-présidents « Achat et Logistique » exerçant leur coordination sur la chaîne logistique tout entière ;

– dans une optique de *supply chain*, l'entreprise doit s'organiser selon des processus dont la logistique constitue souvent un axe fort. Le vice-président logistique devient alors dans l'entreprise l'homme des processus, celui qui veille à leur adaptation permanente et surtout à leur rentabilité dans une optique de gestion de la valeur pour laquelle les méthodes ABC et ABM sont souvent utilisées ;

– on trouve parfois aussi des vice-présidents « Logistique et Coopération » ou des expressions approchées. Le rapprochement des deux concepts n'est pas fortuit. Dans la « nouvelle économie », quelle qu'elle soit, le concept de coopération entre entreprises émerge de toute façon et le rôle de ce vice-président est alors d'animer la *supply chain* dans toutes ses relations aussi bien avec les fournisseurs que les clients ou les prestataires de *third party logistics*.

À un stade encore plus avancé, on peut trouver des *Value Chain Directors* ce qui signifie que la Supply Chain a acquis dans ce contexte un rôle clairement stratégique en agissant sur la création de valeur interne et externe. On trouve également des *Associate Directors Global Product Supply* ce qui signifie qu'au sein d'industriels tels que P&G Gillette, des directeurs ont la responsabilité de gérer tous les projets logistiques et Supply Chain au niveau mondial pour des comptes clés tels que Wal-Mart, Carrefour et Tesco. C'est bien sûr reconnaître la nécessité de gérer de manière différenciée et ce, au plus haut niveau ces comptes clients. Il est clair que nous sommes là à un niveau de maturité très élevé en missionnant ces fonctions non seulement sur la génération d'économies mais aussi de chiffres d'affaires. C'est une tendance nouvelle qui sur laquelle nous parions un fort développement.

16.2.4 Logistique et organisation commerciale

Assez souvent la fonction de coordination logistique est née au sein des directions commerciales, opérationnelles ou de produits. L'émancipation de l'activité de coordination logistique se réalise alors au sein de ces directions. L'analogie avec le marketing peut amener à créer, des chefs de produit « logistique » à côté des chefs de produit « marketing » ou des category mana-

gers. Le cas de LaScad, filiale de la division « produits publics » de l'Oréal est assez significatif. À côté de l'organisation classique des usines rattachées à une direction technique du groupe, les centrales qui sont les unités de distribution logistique (entrepôts centraux) appartiennent à une unité opérationnelle qualifiée d'« activités diverses ». La fonction de coordination logistique se retrouvait au sein de LaScad, division de produit dédiée à la distribution organisée, sous la partie « administration » qui, à côté du marketing et du commercial, regroupait des activités de comptabilité, d'informatique et de logistique selon le schéma de la figure 16.3.

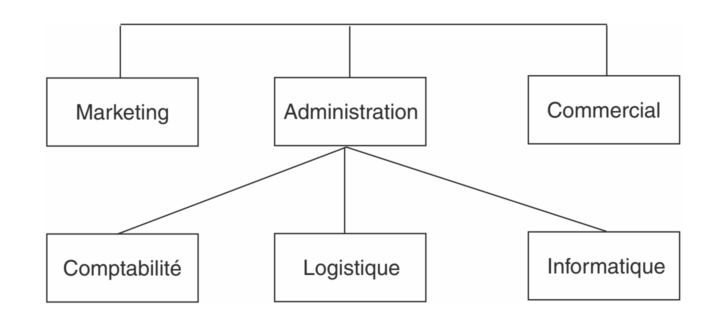


Figure 16.3 – Ancienne place de la logistique dans l'entreprise LaScad, filiale de l'Oréal.

Cependant, avec le développement du *trade marketing*, une nouvelle organisation a été mise en place associant un directeur commercial, et un directeur logistique dont on trouvera à la figure 16.4 l'organigramme simplifié : une direction logistique trouve désormais sa place à côté de la direction commerciale, et des correspondants d'enseigne apportent leur appui à des directeurs d'enseigne. Bien entendu ceci n'est qu'un exemple mais révélateur d'une évolution importante dans les rapports entre les directions commerciales et logistiques.

À partir de fin 2007, cette organisation est sujette à évolution suite à la création d'une véritable fonction Supply Chain transversale ce qui entraîne de facto une évolution des fonctions logistiques ou équivalentes au sein de la direction des opérations et des affaires commerciales.

Une autre façon de résoudre ce problème des relations entre la gestion des moyens logistiques et la gestion opérationnelle des flux peut être d'externaliser les moyens logistiques. On peut penser que la vogue actuelle de l'externalisation des moyens logistiques ne répond pas seulement à un souci d'économie. Il est exact que cette externalisation peut diminuer les coûts logistiques et éviter d'effectuer des investissements dont l'opportunité à long terme n'est pas évidente. Mais l'externalisation a aussi l'avantage de libérer le ou les responsables logistiques des soucis de gestion de moyens (entrepôts, camions, personnel, etc.) pour leur permettre de se concentrer sur ce qui est le plus important pour l'entreprise : le pilotage des flux et des stocks.

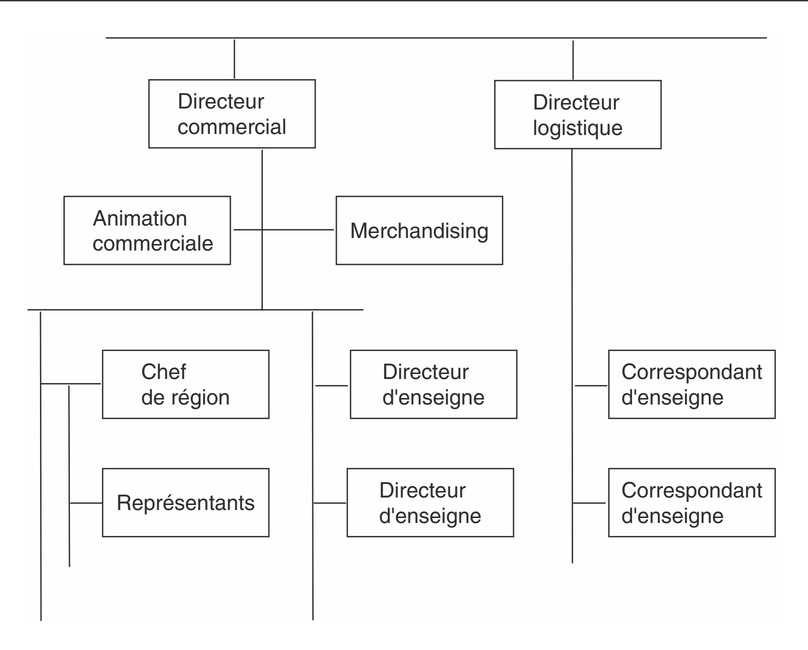


Figure 16.4 – Nouvel organigramme simplifié chez LaScad.

16.2.5 Les directions logistiques de projet

Une autre responsabilité des services nationaux de logistique peut être la conception et la réalisation de la future organisation logistique de l'entreprise et son évolution.

Au départ, il peut s'agir d'un rôle de coordination : par exemple, plutôt que de laisser chaque service régional négocier ses contrats de transport, on peut penser définir un contrat de transport type ou même négocier au niveau national avec un ou deux transporteurs. Mais la responsabilité peut être beaucoup plus large :

– mettre en place des solutions logistiques collaboratives enre les fonctions clés de l'entreprise ou avec les clients ou les fournisseurs,

– concevoir et implémenter un système d'information logistique pour l'ensemble de l'entreprise,

– concevoir et réaliser à moyen terme la future organisation logistique de l'entreprise sous forme ou non d'un schéma directeur logistique,

– construire une logistique intégrée entre les différentes filiales nationales d'un groupe, etc.

Nous allons consacrer deux chapitres à l'analyse des systèmes d'informatique logistique et à la réalisation de schémas directeurs logistiques. C'est en effet un souci très actuel des entreprises d'adapter leur logistique et leur système d'information aux évolutions de l'environnement.

16.3 Organisation de la logistique de soutien

Dans l'étude de la réalisation des schémas directeurs logistiques, il sera beaucoup plus question d'une logistique des flux et des stocks que d'une logistique de soutien, même si la logistique de soutien demande la mise en place de stocks et d'une organisation des flux.

Dans un certain nombre d'entreprises travaillant pour les armées, l'aéronautique ou d'autres grands projets, on a vu apparaître ces dernières années un nouveau personnage logistique : « l'ILS manager »[1] . Bien entendu, son rôle varie selon les entreprises et peut changer dans le déroulement d'un projet.

En début de projet, l'ILS manager fait partie de l'équipe de projet sous l'autorité de l'ingénieur responsable du projet (ou de l'affaire) au même titre que le responsable technique, le responsable industrialisation, le responsable qualité, le responsable achats, etc. Sa responsabilité est le « lot logistique » pour lequel il va devoir :

– déterminer les besoins des clients pendant l'exploitation,

– conduire les activités logistiques prescrites : ceci doit conduire à l'insertion dans le système principal d'éléments logistiques intégrés aussi bien qu'à la définition du système de soutien proprement dit,

– évaluer le LCC (*Life Cycle Cost*),

– assure un interface permanent avec les logisticiens du ou des clients et des partenaires et sous-traitants du projet.

Les spécifications se déclinent ensuite au niveau des sous-systèmes / fonctions.

Pour assurer ces tâches, il dispose d'une équipe logistique comprenant :

– une équipe d'études de SDF (fiabilité, maintenabilité, sécurité) ; on notera que le responsable fiabilité et son équipe ne font pas toujours partie de l'équipe ILS et peuvent être rattachés au chef de projet « Études » ;

– une équipe d'étude soutien pour analyser les besoins du soutien et gérer la base de données logistiques ;

– des spécialistes soutien en documentation, formation, réparations, assistance technique, etc.

Dès la phase de pré-études, l'ILS manager devra préparer une première version du plan de soutien logistique comprenant :

– le plan de management de l'équipe logistique avec l'organisation, les responsabilités de chacun, le planning des travaux par rapport au management du projet global et les interactions,

– les orientations motivées concernant la maintenabilité, la disponibilité opérationnelle, les éléments de soutien, etc.

Une fois le système conçu et réalisé, l'ILS manager peut devenir le responsable d'affaire pendant la vie du produit. Le chiffre d'affaires du soutien logistique

1. La description que nous donnons ici de l'ILS manager s'inspire beaucoup de l'organisation mise en place chez Thomson CSF et d'un exposé effectué par M. H. Solivères lors de la 4e conférence internationale ILCE d'octobre 1996.

peut être supérieur au coût d'études et de réalisation d'un système et, à l'intérieur du soutien, la part du soutien en après-vente est souvent presqu'aussi importante que les études et le soutien logistique initial.

16.4 Achats et logistique

Les achats sont une activité à part entière normalement indépendante de la logistique. Cependant, il arrive assez souvent qu'achat et logistique soient rassemblés au sein d'une même direction.

L'objectif des acheteurs est en principe de se procurer un bien spécifié dans une quantité définie au moindre coût. Les objectifs du gestionnaire sont eux d'approvisionner ce même bien conformément au marché passé par l'acheteur dans les quantités et aux dates qui lui conviennent pour sa gestion des flux.

Il convient donc que le marché passé par l'acheteur permette de satisfaire les besoins du gestionnaire. Ceci se traduit par un ensemble de clauses qui doivent être déterminés préalablement à la négociation du marché en étroite relation entre l'acheteur et le logisticien. Il en résulte qu'acheteurs et logisticiens doivent collaborer de façon très étroite tout en gardant chacun ses objectifs propres. L'énumération des clauses qui intéressent le logisticien le montre bien.

• *Quantités.* Pour un achat « une fois », il suffit de déterminer la quantité dont on a besoin. Mais si l'on veut permettre au logisticien d'adapter son flux d'entrée à ses besoins, les choses deviennent beaucoup plus complexes. On a vu que dans les procédures de Juste-à temps entre assembleur et sous-traitants, l'achat se transformait en un partenariat de longue durée avec communication périodique par l'assembleur de ses besoins pour une période plus ou moins longue (de quelques semaines à quelques mois), prévisions qui sont remises à jour progressivement jusqu'à devenir commande ferme lors du passage d'un délai fixe, par exemple une semaine avant livraison. Lorsque l'on tente de synchroniser les flux, les délais deviennent beaucoup plus tendus et se comptent en heures et non plus en jours. La préparation d'un tel contrat implique bien évidemment une participation du service logistique.

Une autre source de variations de quantité résulte des réactions du marché à la distribution d'un nouveau produit. Aucune étude de marketing n'apporte de certitude. Les premiers jours ou les premières semaines de vente peuvent montrer soit que la mise en marché est un échec et qu'il faut donc arrêter d'approvisionner, soit que le succès dépasse les prévisions et qu'il faut donc approvisionner plus que prévu. L'une et l'autre politique ne sont possibles dans certaines limites que si on les a prévues dans le contrat.

• *Prix*. La tendance dans les contrats nationaux est de demander des prix franco afin d'obtenir une concurrence plus claire entre les différents fournisseurs quelles que soient les distances des lieux de livraison. Dans certains cas cependant, l'entreprise qui achète peut vouloir utiliser sa flotte propre pour transporter tout ou partie des achats afin de charger ses camions au retour d'un deuxième transport des entrepôts nationaux à ses clients ou ses plates-formes régionales. Mais de plus en plus les entreprises ont tendance à demander un coût franco et un coût usine afin de s'assurer que le fabricant ne prend pas une marge trop importante sur le transport. Ceci suppose que l'acheteur

ait une bonne connaissance des coûts de transport, ce qui implique une étroite collaboration entre acheteur et logisticien.

• *Emballage et conditionnement*. Dans beaucoup d'usines, les matières premières et produits semi-finis achetés doivent être reconditionnés pour être utilisables sur les lignes de production (adaptation aux *Kanban*, réalisation de kits, mise en place d'étiquettes avec codes à barre, etc.). Il peut être intéressant de demander au fournisseur de réaliser cet emballage dès la fabrication du produit pour éviter des coûts supplémentaires de reconditionnement. D'autre part, les emballages doivent être adaptés aux moyens de manutention de l'entreprise ; si ce n'est pas le cas, il peut en résulter des pertes de produits ou des avaries que l'on aurait pu éviter. Les spécifications de conditionnement sont donc un point important d'un cahier des charges, mais il faut que l'acheteur puisse évaluer le surcoût que peut générer de telles demandes par rapport aux avantages qu'elles procurent.

L'utilisation des codes à barre sur le produit est un élément logistique clef. Encore faut-il que ce code à barre permette une gestion simple pour l'utilisateur, par exemple pour une identification sur une ligne de production. De la même façon, les cartes électroniques devraient avoir un code à barre d'identification (numéro et numéro de série) sur leur face avant permettant de les inventorier dans leur rack. Beaucoup d'acheteurs utilisent donc des normes d'emballage et d'étiquetage conformes aux prescriptions européennes.

• *L'évaluation des risques.* Le risque de défaillance d'un fournisseur est un point essentiel à prendre en compte dans une négociation commerciale. Ses conséquences peuvent être catastrophiques et il faut donc essayer d'évaluer ce risque pour chacun des fournisseurs possibles. Mais les origines de la défaillance peuvent être multiples : faillite, grève, incendie ou inondation, défaillance d'un fournisseur de composants ou d'un sous-traitant, pannes, mauvaise volonté du fournisseur qui préfère servir en priorité des clients plus importants ou achetant à des conditions plus avantageuses pour lui, défauts de qualité rendant le produit inacceptable, blocage des transports entre le producteur et les lieux de livraison, destruction en cours de transport, etc. La diminution de ces risques repose sur des stratégies classiques :

– audit préalable du fournisseur et éventuellement de ses sous-traitants ou procédures de certification ISO 9000 ;

– établissement d'un partenariat durable conforté par des procédures d'évaluation a posteriori ;

– choix de plusieurs fournisseurs avec des possibilités de commandes de quantités variables chez chacun d'entre eux de façon à pouvoir compenser une éventuelle défaillance de l'un d'entre eux ;

– obligations imposées aux fournisseurs de disposer pendant une certaine durée d'un certain stock de produits finis, de produits semi-ouvrés ou de composants, etc.

Les acheteurs auront souvent recours à l'expertise des logisticiens de l'entreprise pour établir ces évaluations.

• *Conditions de transport et de livraison.* Les conditions de transport et de livraison franco doivent être précisées de façon à faciliter la réception : conditions de détermination de la date et du créneau horaire de réception pour éviter un engorgement des parkings, avis d'expédition, procédures EDI, pénalités

pour retard, conditions de transport pour les produits fragiles susceptibles d'être détériorés à l'intérieur de leur emballage, marquage des colis, moyens de transport utilisés pour faciliter le déchargement, etc.

• *Pièces de rechange.* Les conditions d'expédition en urgence de pièces de rechange doivent être spécifiées ou faire référence à des normes telles que l'AOG en aéronautique. On retrouve d'ailleurs avec les pièces de rechange tous les problèmes de tenue à jour des spécifications techniques des produits, de fourniture de pièces de rechange pendant un certain délai, de conditions de réparation par exemple pour les cartes électroniques, la possibilité pour l'acheteur de réparer ou faire réparer lui-même les pièces à l'issue de cette période de réparation ou en cas de faillite, en rachetant à un prix convenu d'avance les testeurs et autres machines nécessaires, les plans et éventuellement les stocks de composants nécessaires. Les possibilités d'échanges standard doivent être définies avec leur prix et la durée de la période de garantie. On note d'ailleurs une certaine tendance à l'augmentation des périodes de garantie qui, par exemple dans le domaine des télécommunications, ont tendance à passer de 1 an à 3 ans, puis 5 ans dans certains cas.

• *FMDS.* On a vu au chapitre 11 les principaux indicateurs FMDS. Lors de la spécification de biens complexes, et particulièrement d'ensembles électroniques, le cahier des charges doit préciser les niveaux souhaités des principaux indicateurs F.M.D.S. Les calculs de disponibilités reposeront sur des évaluations prévisionnelles. Si pour des matériels acheté « sur étagères » on peut penser, par l'expérience d'autres acheteurs, que la fiabilité en est acceptable, il n'en est pas de même pour du « sur-mesure ». L'acheteur doit pouvoir évaluer les moyens et les méthodes qu'a utilisé le fournisseur pour garantir ces niveaux de fiabilité prévisionnelle. Il est bon de préciser quelles méthodes doit utiliser le fournisseur ou au moins quelle information il doit fournir sur ces méthodes. Mais le danger, éprouvé par l'armée américaine, est que ces contraintes ne génèrent des coûts importants de la part du fabricant. En plus les méthodes évoluent et l'on a vu par exemple que la fiabilité des composants et des cartes électroniques avait beaucoup évolué au cours de ces dernières années de telle sorte qu'il avait fallu revoir les normes correspondantes. Les normes MIL STD sont ainsi souvent dépasées. Orange par exemple a du redéfinir ses spécifications d'évaluation de la maîtrise par les fournisseurs de la fiabilité des équipements. Une telle spécification a pour but :

– de comparer dans le cadre d'un appel à concurrence les propositions des fournisseurs potentiels,

– de déterminer les taux de défaillance prévisionnels contractuels (voir *infra*),

– d'évaluer par matériel les risques majeurs encourus,

– d'évaluer la capacité du fournisseur en ce domaine.

Une fois le contrat passé et tout au long de la vie du produit, il conviendra de comparer les fiabilités prévisionnelles annoncées avec les fiabilités opérationnelles constatées. La connaissance de ces fiabilités opérationnelles suppose que l'on suive les réparations effectuées et les parcs concernés. Si des différences apparaissent au-delà d'un certain seuil, il convient de prendre avec le fournisseur des mesures correctives et de mettre en œuvre des clauses de garantie qui auront été prévues au contrat par l'acheteur, ce qui suppose une

collaboration entre spécialistes de la maintenance et de la fiabilité, et acheteurs lors de la négociation de l'achat.

• *Logiciels.* Les clauses relatives à la maintenance des logiciels deviennent d'une extrême importance et doivent être étudiées avec beaucoup de soin : conditions de gestion de la *hot line* (horaires, jours, temps de réponse, coût, etc.), dépôt des programmes sources dans un organisme agréé permettant à l'acheteur de les récupérer en cas de disparition du fournisseur, méthodes de conception et de maintenance, etc.

16.5 Indicateurs et critères de qualité de la logistique

16.5.1 Difficulté du *benchmarking*

La gestion d'un service logistique qu'il soit de soutien, de production ou de distribution, demande la définition et le suivi d'indicateurs qui permettent :

– de déterminer l'état d'un service à un moment ou pendant une période donnée,

– de fixer des objectifs et de suivre les évolutions.

Parmi ces indicateurs, certains expriment :

– la qualité des services logistiques rendus,

– le coût de ces services,

– les moyens mis en œuvre et leur performance.

Selon la norme Afnor NF X 50-120, la qualité est l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit ou service qui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites.

Mais ces indicateurs peuvent être aussi des éléments contractuels entre fournisseurs et acheteurs, transporteurs et chargeurs, etc. ou même entre les différentes directions d'une entreprise. De toute façon, aucun indicateur n'est neutre : de par son existence même, il induit des comportements. Il est donc très important d'étudier avec beaucoup de soin les indicateurs de qualité logistique que l'on veut utiliser en fonction des objectifs que l'on donne à leur recueil et à leur suivi.

Il n'est pas possible ni souhaitable d'énumérer ici tous les indicateurs possibles de la qualité de l'action logistique sous ses différentes formes : gestion des stocks, transports, FMDS, maintenance, gestion de production, etc. Nous en avons décrit quelques-uns en cours de route. On trouvera en outre tous les indicateurs de gestion des différents services concernés.

La multiplication des *benchmarks* logistiques ces dernières années a montré qu'il était extrêmement difficile de rapprocher ces indicateurs d'une entreprise à l'autre. Les bases de calcul sont le plus souvent différentes.

On verra que la méthode SCOR (*Supply Chain Operation Reference Model ;* D.18.2.2), a été développé pour modéliser les systèmes logistiques et pour définir des indicateurs standardisés susceptibles de faciliter le pilotage logistique et de permettre des comparaisons entre entreprises ou au sein des grandes entreprises.

Deux exemples permettront de mieux se rendre compte de ces difficultés de comparaison, le poucentage de coût d'un service logistique et le taux de qualité de service.

16.5.2 Pourcentage de coût d'un service logistique

Le pourcentage de coût logistique est un indicateur important car il permet de mesurer en permanence l'évolution du coût de la logistique par rapport à la valeur des produits qui transitent dans le système logistique et également de se comparer à d'autres entreprises pour déterminer l'avantage ou le désavantage compétitif qu'apporte l'organisation logistique par rapport à la concurrence.

Ce deuxième objectif est cependant difficile à atteindre car il est rare que le mode de calcul du pourcentage de coût logistique soit le même d'une entreprise à l'autre. Généralement on rapproche le coût du système logistique du chiffre d'affaire réalisé pour établir ce pourcentage. Encore faut-il que ce chiffre d'affaire soit significatif du flux logistique. Si le chiffre d'affaire contient une part de services ou s'il subit des variations conjoncturelles de prix unitaire, il est évident que ce ratio ne sera plus représentatif de la performance économique logistique. Si au lieu de considérer le chiffre d'affaire, on considère le coût des marchandises qui transitent à travers le système logistique, il faut alors définir avec précision ce coût qui peut être un coût d'achat éventuellement incrémenté d'un certain nombre de charges pour arriver à un coût standard. La définition même du coût d'achat n'est pas simple. Prend-il en compte et de quelle façon les délais de paiement et/ou les ristournes annuelles ?

L'unité de temps est également importante : une unité annuelle a l'avantage de neutraliser les variations saisonnières, mais présente l'inconvénient corrélatif de ne pas montrer les augmentations de coût pendant les périodes de sous-activité, augmentations que l'on pourrait s'efforcer de réduire par exemple par une externalisation si le prestataire est capable de régulariser les coûts entre plusieurs entreprises clientes.

La définition même du coût logistique est très variable d'une entreprise à l'autre, il peut comprendre ou non :

– le coût d'acquisition, coût des services d'achat et de contrôle de qualité à la réception ;

– le coût du premier transport depuis le fournisseur jusqu'à l'entrepôt de livraison selon que les achats sont effectués franco ou non ; si les achats sont effectués tantôt franco et tantôt non, le coût du premier transport n'a plus de signification et les variations dans la répartition du franco peuvent modifier les coûts inutilement sauf à reconstituer les coûts du premier transport franco en les prévoyant systématiquement dans le contrat d'achat, il en est de même des coûts du dernier transport selon que l'on s'est engagé à livrer franco ou non, dans l'industrie automobile, on commence à considérer que le coût logistique amont doit comprendre l'ensemble des coûts nécessaires pour apporter un composant jusqu'à la chaîne de montage y compris les coûts d'emballage et ceci quel que soit le mode de livraison (synchrone, multiquotidienne, journalière avec centre de préparation, etc.) ;

– les coûts de stockage sont la bouteille à l'encre d'une telle analyse, ils peuvent inclure ou non des coûts d'immobilisation du capital mais à des taux très variables, ils peuvent inclure des taux très élevés d'obsolescence qui sont parfois plus la conséquence de politique de marketing ou de décisions techniques que de pratiques logistiques. Ce qui fait que dans la pratique comme cela a été indiqué les taux de détention des stocks peuvent varier (en 2007) de 3,5 % (pour un distributeur qui cherche à favoriser les achats spéculatifs) à plus de 25 % (pour des sociétés qui veulent arbitrer des projets à fort potentiel de rentabilité) ;

– les coûts de direction de la logistique et des systèmes informatiques peuvent être plus ou moins élevés et pris en compte ou non selon l'organisation ; toutes les subtilités d'une comptabilité analytique en ce qui concerne les charges indirectes et les amortissements vont se répercuter sur le résultat ;

– les coûts de manutention et de rupture de charge ;

– les taxes relatives au dédouanement ;

– les coûts d'emballage.

Quand on s'aperçoit que tous ces éléments du calcul sont la plupart du temps assez mal définis, on peut imaginer la valeur d'une comparaison entre plusieurs entreprises, comparaison qui va porter sur quelques pourcentages et n'a donc aucune signification.

16.5.3 « Taux de qualité de service » (souvent appelé « taux de service »)

L'expression « taux de service » est assez ambiguë car, comme on l'a vu au chapitre 7, on désigne de ce nom le pourcentage choisi pour déterminer le coefficient de calcul du stock de sécurité, pourcentage qui exprime la probabilité pour que, dans un système de réapprovisionnement à point de commande, l'on n'ait pas de rupture de stock pendant la période de réapprovisionnement entre la commande et l'arrivée de la marchandise. Mais on a bien noté que le taux de qualité de service moyen par période tout au long du cycle d'approvisionnement, pouvait être très différent de ce taux de service. L'expression « taux de qualité de service » peut d'ailleurs correspondre à un indicateur mixte faisant la synthèse de plusieurs indicateurs de service.

Ce taux est défini assez souvent comme le ratio du nombre de commandes livrées conformes au besoin exprimé par rapport au nombre total de commandes reçues, sur une période donnée ou le même ratio appliqué au nombre de lignes de commandes.

Les services logistiques font très souvent état d'un tel taux et s'en servent pour se comparer les uns aux autres ce qui est assez imprudent si la définition de ce taux n'est pas la même d'un service à l'autre. Une telle définition pose en effet de nombreux problèmes et demande à être précisée. On peut calculer ce taux par commande ou par ligne de commande ou par quantité commandée ou par valeur de commande. Les résultats sont alors très différents. On peut calculer ce taux sur une période courte et il sera donc très sensible aux variations conjoncturelles et saisonnières ou sur une période plus longue. On peut même calculer des moyennes mobiles ou autres moyennes. On devrait d'ailleurs, pour bien faire, assortir une moyenne d'un écart-type pour connaître l'importance de ses variations. On peut aussi considérer :

– l'aptitude à satisfaire une commande complète à la date prévue,

– l'aptitude à satisfaire tout ou partie de la commande,

– la prise en compte comme correcte ou non des livraisons en avance car il faut prendre garde qu'une livraison en avance peut souvent être considérée elle aussi comme un dysfonctionnement,

– l'état des produits livrés,

– les erreurs d'étiquetage,

– la conformité des bordereaux,

– les litiges,

– soit la date de livraison, soit l'heure de livraison si le client exige le respect d'une tranche horaire.

Il faudrait pour avoir une évaluation satisfaisante de cette aptitude à effectuer des livraisons « à date » tenir compte des livraisons qui n'ont pas été effectuées à la date prévue pour déterminer ce qu'il en est advenu. Elles peuvent être éclatées selon la cause du retard (rupture de stock, retard de transport, retard d'affectation, etc.) et l'on peut déterminer pour chaque cause, et pour l'ensemble, le délai moyen de satisfaction au-delà de la date prévue.

Actuellement, les grands distributeurs font signer à leurs fournisseurs des accords qui prévoient des pénalités importantes pour celui qui ne tient pas ses engagements de taux de service. Ces taux sont souvent de 97,5 % à 99,5 % ce qui se comprend car un taux de 95 % signifie pour le distributeur une perte de chiffre d'affaire de 5 % s'il n'y a pas de substitutions. Les pénalités associées peuvent être importantes. Cependant la mesure du taux de service est moins simple qu'il n'y paraît. Avec une centrale d'achat, une rupture va jouer sur un grand nombre de lignes de commandes pour chaque dépôt au lieu de jouer sur une livraison pour une seule ligne de commandes. Le transport peut modifier le taux de service du fournisseur avec des colis écrasés ou des livraisons en retard.

16.5.4 Méthodes de *benchmarking*

Il est évident, et ces exemples l'auront confirmé, que le *benchmarking* logistique, comme tous les *benchmarkings*, demande des normes pour rendre les comparaisons possibles. On a donc vu se développer depuis quelques années des méthodes diverses destinées à analyser l'état de la logistique dans une entreprise en la comparant à d'autres. On en citera seulement trois parmi les plus connues, une en France et deux aux États-Unis :

■ Le questionnaire de l'ASLOG (2005)

L'ASLOG a bâti un référentiel logistique en se basant sur celui mis au point par VOLVO dans les années 1990. Ce dernier a été « amélioré » et constitue à ce jour une base de référence intéressante pour juger de la pertinence d'un système logistique. Le Référentiel logistique de l'ASLOG a pour vocation d'aider les entreprises à améliorer leurs performances logistiques. C'est un catalogue de mesures et d'actions de progrès de l'entreprise et c'est un outil transversal dont la promotion est assurée par l'ASLOG, en premier lieu au

travers de deux jours d'initiation afin que chacun puisse en mesurer la richesse.

La toute première version de ce Référentiel date de 1997. Il comptait alors 53 questions fortement orientées vers le cycle de vie des produits. Mais il ne prenait en compte qu'insuffisamment la problématique du flux aval. Des questions supplémentaires ont été ajoutées dès la seconde version (en 2000). Le concept de la Supply Chain a été introduit en 2002, avec la 3e version, celle-ci étant encore enrichie dans sa version 2005.

Les chapitres du référentiel logistique ASLOG (140 questions orientées SupplyChain) sont les suivants :

1. Management, Stratégie et Planification.
2. Conception et Projets.
3. Approvisionner.
4. Produire.
5. Déplacer.
6. Stocker.
7. Vendre.
8. Retour et Après vente.
9. Indicateurs de pilotage.
10. Progrès Permanent.

■ Le référentiel EVALOG

Si le référentiel ASLOG n'est pas disponible en libre-service, celui d'EVALOG, qui est également issu initialement de celui de VOLVO est devenu maintenant EVALOG GLOBAL et librement disponible sur internet sur le site de GALIA.

Contrairement au précédent qui est d'obédience française, Global EVALOG est un outil standard mondial validé par GALIA, Odette et l'AIAG (*Automotive Industry Action Group*).

GLOBAL EVALOG est la fusion du référentiel EVALOG d'Odette et le référentiel MMOG (Materials Management Operations Guideline) de l'AIAG. Il permet l'auto-évaluation ou l'audit logistique des sites partenaires (usines, fournisseurs) sous la forme d'un questionnaire et le calcul d'un score.

■ Le modèle WCL (*World Class Logistics*) de la Michigan State University

Ce modèle élaboré par la Michigan State University a pour objectif d'évaluer une entreprise quant à sa logistique à partir d'un questionnaire de 68 questions dont les réponses permettent de construire des indicateurs agencés selon un modèle de référence permettant les comparaisons entre entreprises. Des études par secteur sont réalisées chaque année : en 1999 sur le secteur automobile, en 2000 sur le secteur électronique, informatique et des télécommunications. On notera que l'ISLI (Institut supérieur de logistique industrielle) de Bordeaux participe à ces enquêtes en ce qui concerne les entreprises françaises.

Le modèle comprend 4 domaines de compétences divisés chacun en « capacités » (Cotten *et al.*, 2000) :

• *Positionnement stratégique* : choix d'orientations stratégiques et structurelles pour optimiser les opérations logistiques :

– stratégie : mise en place d'objectifs financiers, commerciaux et de choix d'implantation ainsi que les moyens de les atteindre ;

– *supply chain* : synchronisation des ressources à travers des partenariats le long de la chaîne logistique ;

– infrastructure/réseau : structuration et répartition des ressources physiques ;

– organisation des hommes : structuration et implication des hommes.

• *Intégration* : moyens mis en place pour synchroniser l'ensemble de la chaîne logistique :

– unification de la *supply chain* : capacité à développer des relations de coopération avec les autres entreprises à travers la chaîne logistique ;

– systèmes d'information : investissements en matériels, logiciels et réseaux ainsi que leur adaptation pour faciliter les processus et les échanges d'information sur la chaîne ;

– partage de l'information : volonté d'échanger des données essentielles à caractère technique, financier, opérationnel et stratégique ;

– compatibilité : capacité de l'entreprise à échanger des informations dans un format approprié, réactif et facilement utilisable sur la chaîne logistique ;

– standardisation : mise en place de politiques et de procédures communes pour faciliter et améliorer les opérations logistiques ;

– simplification : reengineering des procédures afin d'en améliorer l'efficacité ;

– adhésion des hommes : acceptation des politiques et des procédures opérationnelles.

• *Réactivité* : capacité à conserver une adéquation entre la performance de l'entreprise et l'adaptation aux besoins du client :

– veille : capacité à rester attentif aux besoins changeants des clients ;

– adaptabilité : diminution des temps de réponse aux demandes exceptionnelles des clients ;

– flexibilité : capacité à s'adapter aux circonstances inattendues.

• *Mesure de la performance* : évaluation de la performance de la chaîne logistique :

– choix d'indicateurs internes : gestion des actifs, coûts, service client, productivité et qualité ;

– évaluation du processus *supply chain* : mise en place d'indicateurs le long de la chaîne logistique ;

– *benchmarking* : comparaison des mesures et des processus avec les capacités des meilleurs.

Un tel modèle est assez représentatif d'une certaine conception de la *supply chain* pour lequel l'objectif est moins d'adapter la *supply chain* à la stratégie de l'entreprise que de mesurer le degré d'intégration de la *supply chain* de l'entreprise, ce qui n'est cependant pas sans intérêt.

■ La méthode SCOR

La méthode SCOR (*Supply Chain Operations Reference-Model*) est une méthode normative de description et d'évaluation des flux d'une entreprise dans l'optique *supply chain*. Elle a été créée en 1996, avec le parrainage de deux sociétés de conseil (PRTM et AMR), par un ensemble d'entreprises nord-américaines rassemblées au sein d'un organisme : le SCC (*Supply Chain Council*). L'objectif était de mettre au point une méthode de description de la logistique d'une entreprise manufacturière et des indicateurs permettant d'en mesurer l'efficacité et donc d'effectuer des comparaisons entre entreprises adhérentes. Actuellement, beaucoup des manufacturiers les plus importants en font partie : Colgate, Compaq, Digital, Dow Chemical, Kodak, Emerson, IBM, Lockheed Martin, Motorola, Nabisco, Nortel, Procter & Gamble, Rockwell, Texas I, Xerox. La plupart des grandes entreprises de conseil y ont adhéré. Des entreprises de logistique et des fournisseurs de progiciels SCM ou d'ERP les ont rejoints et des outils informatiques d'aide à son utilisation ont été élaborés. Plus de 800 entreprises adhèrent actuellement au *Supply Chain Council*.

En collaboration étroite avec le *Supply Chain Council*, la société PMG (*Performance Measurement Group*), filiale de la société PRTM, entretient une base de données de *benchmarking* parmi les plus importantes du monde. Le *Supply Chain Council* organise régulièrement des colloques et congrès permettant à ses membres et d'autres participants d'échanger leur expérience quant à l'utilisation de la méthode SCOR et de l'améliorer.

L'intérêt du référentiel descriptif ne se limite cependant pas à ses capacités de réalisation de *benchmarking* et on en trouvera une description au chapitre 18 à propos des méthodes d'analyse utilisables pour réaliser un schéma directeur logistique.

16.5.5 Place des indicateurs de performance dans le pilotage stratégique

En dehors des deux indicateurs précédents, on peut prendre en considération un grand nombre d'indicateurs de performance. La difficulté est de les définir clairement et de mettre au point les normes de recueil des données périodiques correspondantes.

Comme exemple de ces indicateurs, on trouvera le tableau 15.1 (D.15.3.1). On trouvera aussi une présentation rapide de la méthode SCOR qui s'est donnée pour objectif de réaliser une description standardisée d'un processus logistique de façon à établir des indicateurs eux-mêmes standardisés susceptibles de comparaisons au sein d'une même entreprise et même d'une entreprise à l'autre (D.18.2.2).

On peut représenter la place des indicateurs de performance dans le pilotage stratégique par la figure 16.6 (IHEL, 1997).

La flèche tout à fait en bas du schéma qui relie les indicateurs à l'action a été ajoutée par nous-mêmes à ce schéma de l'IHEL. Elle veut traduire ce fait qu'aucun indicateur n'est strictement neutre. Chaque indicateur selon l'importance qu'on y attache, et plus particulièrement selon les conséquences qu'il a pour ceux qu'il concerne, induit des comportements et des biais. C'est ce que nous avons appelé les « effets de feed-back ». Ces effets peuvent d'ailleurs être « vertueux » et/ou « pervers ». Un indicateur de qualité de service à partir duquel est jugé un établissement logistique et ses responsables induira des

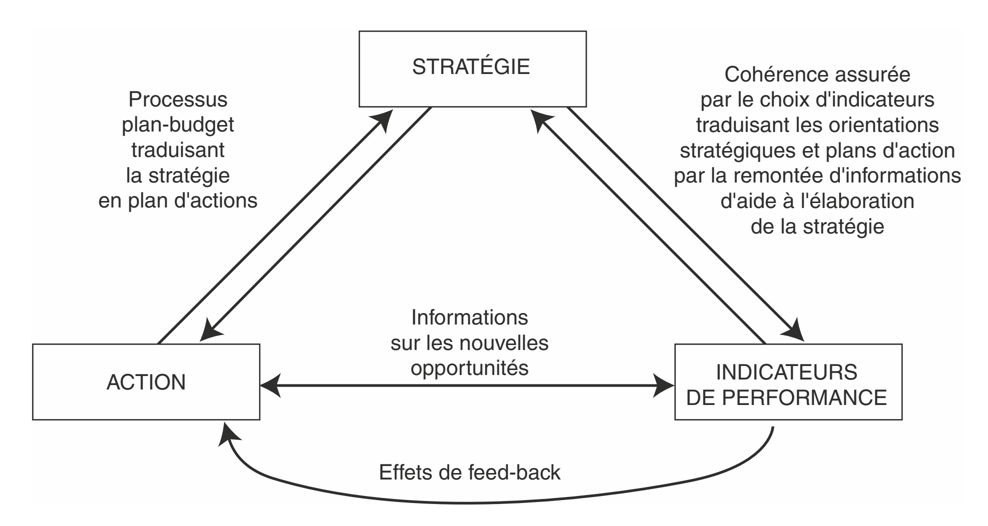


Figure 16.6 – Place des indicateurs de performance dans le pilotage stratégique.

comportements tels que toute action utile à son amélioration sera entreprise par priorité à des actions qui ne sont pas prises en compte avec le même poids. Si la rapidité du traitement des retours, ou de certaines prestations n'en font pas partie, elles seront certainement retardées ou négligées si nécessaire. Les saisies pourraient même être biaisées par intervention dans le système informatique si c'est possible ou mise en place de procédures parallèles évitant la saisie des dysfonctionnements. Quand un article est en rupture de stock, on peut par exemple inciter les clients à ne pas commander cet article, ce qui est de bonne politique, mais tend à cacher la rupture des stocks à travers l'analyse des indicateurs. Il n'y a pas là mauvaise volonté des agents ou esprit de fraude, mais au contraire souci d'obtenir de bons résultats. D'ailleurs une part importante des effets de ces relevés d'indicateurs sera d'inciter les logisticiens à améliorer leur performance. Une telle remarque ne doit donc pas décourager de mettre en place des indicateurs, bien au contraire, mais doit inciter les responsables à aller voir sur le terrain la pratique journalière et à ne pas rester dans leur bureau à prendre des décisions à partir des seuls indicateurs.

À cette réserve près, les indicateurs logistiques sont indispensables pour examiner comment l'on s'approche ou non des objectifs fixés, avec quels moyens, pour détecter le plus tôt possible les dysfonctionnements répétitifs et, avec beaucoup de prudence, pour comparer ses résultats à ceux des autres entreprises similaires.

Bibliographie

ASLOG, Le référentiel logistique de l'ASLOG – *Évaluation de l'aptitude à la performance logistique*, Paris, 2005.

COTTEN V., JOUANDO O., KERGOAT P., SAVIN J.-P., COUVREUR O., CHANDES J., World Class Supply Chain Management 2000 : « La performance du secteur électronique, informatique et télécommunications », *Logistique & Management*, vol. 8, n° 1, Bordeaux, 2000.

Institut des Hautes Études Logistiques, Modes de coopération logistiques dans les relations producteurs/distributeurs dans le secteur des produits de grande diffusion, *Les Cahiers de l'IHEL*, Paris, 1997.

17 • INFORMATIQUE LOGISTIQUE

17.1 Différentes catégories

La logistique est un des services de l'entreprise qui fait le plus appel à l'informatique :

– en suivant tous les flux de l'entreprise (y compris certains flux financiers),

– en anticipant ces flux (prévisions, expression des besoins, etc.),

– en débordant au-delà de l'entreprise jusque vers l'informatique des fournisseurs et celle des clients comme on le verra avec l'EDI et les systèmes collaboratifs.

On considère assez souvent dans des entreprises de production que l'informatique logistique représente plus de 50 % de la capacité informatique totale de l'entreprise. On peut même se demander parfois si la logistique n'est pas d'abord un système de gestion de flux d'information avant d'être un système de gestion de flux physiques.

Cette tendance à la substitution des flux physiques par les flux d'information est lourde car il s'agit d'éviter de transporter sur de longues distances des produits vers des marchés sur lesquels la demande finale sera inférieure à la prévision ce qui obligera à rééquilibrer les stocks entre marchés. Des solutions de délocalisation au plus tard seront particulièrement adaptées à ce type de situation. Le coût de transfert de l'information est et sera très inférieur au coût de transport des marchandises.

On a d'ailleurs vu au chapitre 15 sur la stratégie que la logistique pouvait constituer un axe d'intégration de l'informatique d'une entreprise au même titre que la comptabilité et le contrôle de gestion.

On va donc trouver dans le champ de l'informatique logistique aussi bien des applications informatiques qui appartiennent spécifiquement à la logistique que des applications d'autres domaines dont la logistique a besoin par exemple des éléments de la gestion commerciale, ou encore des applications dans lesquelles la logistique déverse des informations, par exemple la comptabilité des stocks.

Cet aspect transverse de la logistique n'est pas sans poser de délicats problèmes d'architecture informatique. Dans le marché des progiciels, marché tiré par l'offre de sociétés spécialisées dans l'informatique logistique, on voit apparaître des progiciels dits « intégrés », appelés ERP (*Enterprise Ressource Planning*), qui prétendent traiter l'ensemble des problèmes de la « chaîne logistique » de l'entreprise. L'expression ERP, construite sur le modèle du MRP (*Manufacturing Resources Planning*) et du DRP (*Distribution Resources Planning*), mani-

feste bien cet objectif d'intégration logistique. D'autres progiciels d'entreprise de plus en plus répandus visent à répondre à l'ensemble des besoins informatiques de l'entreprise toute entière. L'urbaniste informatique, comme on baptise parfois le spécialiste des architectures informatiques, aura du mal à intégrer ces différents points de vue.

Le problème se complique d'ailleurs avec l'apparition de l'échange de données informatisées (EDI) entre l'entreprise et ses partenaires commerciaux : fournisseurs, transporteurs, clients, etc. C'est une des caractéristiques les plus importantes de l'évolution actuelle de la logistique que ce double mouvement dont on ne sait très bien lequel tire l'autre de ces relations informatiques entre entreprise (EDI) et du développement de nouveaux partenariats logistiques comme ceux que nous avons vu au chapitre 9 avec l'ECR.

17.2 Logiciels et progiciels spécialisés

Devant le florilège des systèmes d'information dédiés ou utilisés par les fonctions logistiques, il peut paraître utile de proposer un cadre de représentation et de classification. Une approche classique que nous avons d'ailleurs utilisée pour présenter les différents processus de planification industrielle consiste à distinguer 3 niveaux :

– un niveau d'optimisation sous contrainte (délai, capacité, coût,...) qui cherche à saturer les capacités investies (machines, main-d'œuvre) fixes par nature face à des fluctuations de la demande ou à définir ces capacités face à une demande prévisionnelle et ce, pour obtenir le *trade-off* mentionné entre niveau de service, coût de la *supply chain* globale, rotation des stocks et rentabilité des actifs. Les systèmes de gestion des stocks, de conception de réseaux logistiques, de planification de production à capacité finie, de tournées de livraison et même certains systèmes de préparation de commande qui se rapprochent de problématiques d'ordonnancement à court terme appartiennent à ce niveau ;

– un niveau de pilotage des flux dont la mission est d'affecter au mieux la charge aux capacités définies par le niveau supérieur et de déclencher des ordres d'achat, d'approvisionnement, de production, de livraison. Piloter c'est prendre des décisions dans un cadre pré-défini au niveau supérieur de conception. MRP et DRP appartiennent à ce niveau ;

– un niveau d'exécution où se lient de manière très interdépendante les flux physiques résultant d'opérations et les flux d'information qui soutiennent ces opérations et génèrent en retour des données sur la qualité de celles-ci. Les WMS (Warehouse Management System), TMS (Transportation Management System), MES (Manufaturing Execution System), les systèmes Track & Trace et le suivi des stocks entre autres appartiennent à ce niveau.

La réalité est un peu plus complexe car aujourd'hui on trouve des systèmes au sein desquels les fonctions d'optimisation, de pilotage et de suivi de l'exécution sont intimement liées. Un WMS peut couvrir des fonctions d'optimisation des chemins de picking en fonction du profil des commandes à préparer de la journée. En clair, l'optimisation n'est pas le domaine réservé de la planification sous contrainte moyen terme et aujourd'hui on cherche plus de réactivité également sur un horizon court terme.

C'est pourquoi, nous avons fait le choix délibéré de privilégier les domaines fonctionnels (entreposage, transport, production,…) qui constituent les champs d'une supply chain globale en laissant l'opportunité de déclinaisons actuelles ou futures des 3 niveaux pré-cités sur chacun de ces champs.

17.2.1 Informatique des flux et des stocks

■ Progiciels de gestion des stocks et de gestion des achats

Les progiciels de gestion des stocks constituent une part importante des progiciels logistiques même s'ils sont loin d'être les seuls. La plupart incluent le calcul de prévisions à partir de l'analyse des consommations passées. Cependant la qualité de cette analyse dépend de l'importance de l'historique des consommations qui est conservé dans le système. Lorsque, comme c'est souvent le cas, cet historique ne dépasse pas deux ans, il est pratiquement exclu d'analyser des variations saisonnières. D'autre part, les méthodes de prévision sont très variables d'un progiciel à l'autre même si le lissage exponentiel tend à devenir la méthode de référence. Il faut également faire attention aux systèmes possibles de valorisation du stock (FIFO, LIFO, ou plus souvent PUMP) et de suivi et prise en compte des coûts de réparation. De plus en plus souvent le module de prévision, qui n'intéresse pas seulement la logistique, tend à devenir indépendant du module de gestion des stocks.

Ces progiciels doivent prendre en charge la totalité de la gestion des stocks et des plates-formes, quelle que soit la complexité du réseau, depuis les commandes des clients connus à travers un interface, jusqu'à la sortie d'entrepôt et l'accusé de réception aussi bien que les entrées depuis les commandes aux fournisseurs jusqu'à la réception en magasin. Assez souvent les entreprises ont un progiciel de gestion des achats différent de celui de gestion des stocks. Ses liens avec le système comptable sont alors plus développés que ceux de la partie « Achats » d'un système de gestion des stocks classiques.

Pour la gestion de pièces de rechange, le progiciel doit souvent prendre en compte les échanges standard avec retour de pièces à réparer, diagnostic puis réparation à l'extérieur. Pour des produits à durée de péremption, doivent être pris en compte les dates limites par lots (dates limites de consommation, dates limites d'utilisation optimale, date limite de conservation de certains produits industriels).

La gestion des déchets et des retours n'est pas toujours prévue dans les progiciels de gestion des stocks.

La production des tableaux de bord nécessaires à la gestion des stocks est un point important de tels systèmes, mais parfois ces tableaux de bord doivent être produits par des applications particulières à partir d'extraits des fichiers du système de gestion des stocks.

■ Logiciels de gestion des nomenclatures

Dans une grande entreprise, il est indispensable de disposer d'une nomenclature unique tant des produits fabriqués et vendus que des produits susceptibles d'être achetés (matières premières, composants, pièces de rechange, fournitures divers, combustibles, emballages, etc.). Cette nomenclature doit servir à tous les services de l'entreprise :

– achats,

– approvisionnement, stocks, transports,

– production, maintenance et bureaux d'études,

– service commercial, etc.

Il est donc nécessaire qu'un service unique gère cette nomenclature que toutes les applications informatiques vont utiliser. Des règles strictes doivent être définies pour « nomenclaturer » un matériel et tenir à jour ces nomenclatures. Pour chaque matériel nomenclaturé, il est souvent utile de gérer de façon centralisé en plus de sa ou ses codifications :

– ses caractéristiques techniques,

– ses rattachements fonctionnels (famille, sous-famille, etc.),

– ses caractéristiques logistiques (poids, dimensions, unités, emballages, etc.),

– ses références de documentation technique et de plans.

Dans les armées, cette gestion de nomenclature devient un service extrêmement important centralisé en France pour la gestion de la nomenclature OTAN par un organisme unique et de très nombreux correspondants.

■ Progiciels de prévision de la demande

Les progiciels de prévision sont des progiciels qui permettent d'établir des prévisions de vente ou de consommation pour les références d'une entreprise, en exploitant une base de données historiques et des méthodes statistiques. Cette définition est probablement un peu limitée car certains progiciels proposent d'autres méthodes que l'exploitation de données historiques pour établir des prévisions, par exemple l'utilisation de données « externes » et, d'autre part, l'intervention du prévisionniste est fondamentale pour l'utilisation d'un tel progiciel. On pourrait parler de prévision assistée par ordinateur mais le sigle PAO signifie déjà autre chose.

Ces progiciels ont plusieurs origines :

– certains ont été conçus pour être exclusivement des progiciels de prévision. Il faut donc les interfacer avec d'autres logiciels de gestion pour récupérer les données historiques et communiquer à ces applications les résultats de leurs prévisions ;

– d'autres sont le module spécialisé d'un ERP ou même d'un module d'ERP ;

– d'autres encore sont le module spécialisé d'un système de *supply chain management* dont ils sont un élément clef. On voit même certain ERP se constituer à partir d'un module de prévision de la demande.

Il y a cependant de nombreuses relations entre les uns et les autres, et l'on a vu plusieurs systèmes de management de la *supply chain* construire leur module de prévision en reprenant un progiciel spécialisé.

La plupart de ces progiciels présentent les caractéristiques suivantes :

– Ils utilisent des méthodes statistiques classiques, comme le lissage exponentiel ou d'autres plus sophistiquées pour traiter des historiques de vente. Certains fonctionnent sous forme de « boîtes noires » qui n'explicitent pas les méthodes statistiques qu'ils utilisent alors que d'autres les précisent. La plupart laissent le choix des modèles que l'on veut analyser mais peuvent en proposer si on le leur demande. Certains font appel à des systèmes experts pour aider à choisir les modèles les plus appropriés.

Certains proposent l'utilisation éventuelle de méthodes nouvelles ou d'un emploi plus restreint : approche neuronale, *data mining*, etc.

On notera qu'il existe aussi des progiciels de statistique qui offrent un grand choix de fonctions statistiques, y compris les plus avancées, avec des facilités de paramétrage. Les tableurs les plus connus offrent d'ailleurs des possibilités importantes. On ne les classera pas cependant parmi les progiciels de prévision, faute de disposer de toutes les autres caractéristiques indispensables.

– Ils permettent de représenter graphiquement sur écran ces variations et éventuellement d'intervenir : modification d'une courbe, rectification d'une valeur, simulation par modification de coefficients, etc. C'est un des acquis les plus importants de ces dernières années. La présentation graphique facilite en effet l'analyse des données par le prévisionniste.

– Beaucoup permettent de gérer d'importantes bases de données d'historique et de prévision sous plusieurs structures différentes pour les mêmes articles : géographique, organisation commerciale et segment de clientèle, typologie de produits, etc. Cette particularité établit une différence entre deux catégories de progiciels :

- ceux qui peuvent traiter de très importantes bases de données avec un grand nombre de données élémentaires : consommations par article élémentaire, lieu de vente ou consommation, catégorie de clients, etc., et les recomposer à la demande selon des organisations propres à chaque service de l'entreprise ;
- ceux qui traitent un nombre limité d'articles et ne permettent pas des présentations sous forme de bases de données multiples.

– Ils permettent de partager ces informations entre tous ceux qui interviennent dans le processus de prévision de l'entreprise ou utilisent ces prévisions. Là encore, on peut distinguer des progiciels conçus pour être utilisés en mode client-serveur par de nombreux intervenants et ceux qui correspondent plutôt à un outil plus limité d'un ou plusieurs prévisionnistes.

– Les deux caractéristiques précédentes induisent des différences très importantes de prix entre les différents progiciels puisque certains en configuration minimale valent quelques milliers d'euros et d'autres quelques dizaines, voire beaucoup plus. On notera cependant que le prix du progiciel lui-même n'est le plus souvent qu'une fraction du coût total de mise en place d'un système de prévision performant. La difficulté est que, s'il est facile de connaître ce que coûte une telle opération, il est très difficile d'évaluer ce qu'elle rapportera et même ce qu'elle a rapporté une fois réalisée car les bénéfices qui peuvent être extrêmement importants et sans rapports avec les coûts induits se retrouvent ailleurs que dans la prévision : stocks, transports, qualité de service, etc.

– Les progiciels permettent de centraliser les prévisions établies par les différents niveaux de l'entreprise, éventuellement à travers des systèmes intranet ou Internet. L'utilisation de systèmes intranet ou Internet pour recueillir l'information ou la fournir aux unités décentralisées est une des caractéristiques les plus récentes à laquelle se rallient peu à peu la plupart des progiciels. Un des intérêts les plus évidents est de servir d'outil de prévision coopérative entre plusieurs entreprises en permettant, par exemple, à un distributeur de communiquer à ses principaux fournisseurs ses prévisions de vente de leurs articles

et les différents facteurs qui vont influer sur ces ventes (promotions prévues, etc.).

– Ils permettent de mesurer la qualité de la prévision réalisée et attirent l'attention sur les réalisations anormales : gestion par exception.

– Ils ont des interfaces standard avec les principaux ERP ou SCM du marché de façon à en extraire les données de ventes ou consommation, les changements de produits et d'organisation et de réintégrer directement les prévisions.

– Ils permettent de traiter les effets des promotions sur les ventes avec plus ou moins de raffinements selon les progiciels : effets directs sur les ventes pendant la promotion, effet au-delà de la promotion, effet de cannibalisme sur des produits hors promotion, etc.

■ Routage assisté par ordinateur (RAO) et gestion des tournées

Il s'agit de progiciels ou logiciels permettant dans une compagnie de transport d'affecter des ordres de transport émanant de clients chargeurs, à des camions et plus précisément à une tournée d'un camion en tenant compte des spécificités du fret et des heures de rendez-vous. Le but d'un tel système est bien entendu d'optimiser les tournées des camions. Le système doit pouvoir déterminer géographiquement le meilleur chemin convenant à un camion compte tenu des contraintes de la tournée qu'il a déterminée. À cet effet, il doit posséder une base de données des villes et lieux-dits, voire des rues et surtout des routes, pour la zone à couvrir. Certains progiciels tiennent compte des sens interdits et des heures de pointe pour calculer les temps nécessaires ; d'autres effectuent des optimisations beaucoup plus rustiques. Un tel système ne supprime pas complètement le travail du routeur mais le facilite et l'optimise. Les ordres de transport qui n'ont pu être assurés par les camions de l'entreprise sont envoyés à un affréteur. Les camions peuvent être reliés au système de RAO par satellite pour signaler leur position.

Les logiciels d'optimisation des tournées reposent sur le même principe : ils demandent là encore une numérisation de la carte des routes et des emplacements des clients et permettent l'édition de la feuille de route de chaque camion en tenant compte des points à livrer, des temps de circulation et de déchargement compte tenu des caractéristiques des marchandises, de la réglementation sur la durée de travail, etc.

Selon le choix des modes de transports, il faut déterminer la date de préparation en entrepôt et la lancer dans le système de gestion d'entrepôt.

Ces outils d'optimisation des transports sont également utilisés depuis peu par des gros chargeurs voire de plus modestes en taille que ceux-ci soient des industriels ou des distributeurs. De telles entreprises qui atteignent le millier de véhicules sur les routes tous les jours en affrètement se posent légitimement la question de savoir s'il n'est pas possible de passer d'un mode transport spot à un mode plus récurrent en dédiant des moyens et en concevant des boucles dédiées fermées. Certes les fonctionnalités de tels TMS (*Transportation Management Systems*) seront plus légères que celle utilisées par les transporteurs mais elles seront très utiles pour optimiser les flux, éviter les retours à vide et suivre les performances des transports pour ceux qui continueront à être achetés auprès d'acteurs extérieurs.

Gestion des opérations internationales

Les expéditions ou réceptions internationales font appel à des procédures particulières de transit, déclarations en douanes, etc., qu'il s'agisse d'expéditions par voie aérienne ou maritime. Beaucoup d'entreprises traitent ces expéditions par exception en confiant la gestion des procédures à des spécialistes, mais dès que les volumes prennent une certaine importance et que l'on veut conserver la traçabilité de ces expéditions, il est alors nécessaire de disposer, soit de son propre logiciel spécialisé, soit de liens avec le progiciel d'un spécialiste du commerce international (transitaire, etc.).

Le fort développement récent des activités de sourcing en particulier en Asie donnant lieu à des opérations de Grand Import requiert des outils de suivi des containers. Certains prestataires logistiques intégrateurs proposent de telles solutions mais dès lors que l'importateur souhaite maîtriser son flux depuis la source de production jusqu'à la livraison en entrepôt domestique, le recours à de tels outils est nécessaire. Des éditeurs de solutions spécifiques proposent aujourd'hui de tels logiciels qui s'interfacent avec les systèmes du chargeur et des prestataires. Les fonctionnalités couvertes sont par exemple au-delà de la traçabilité : la réalisation de cotations pour comparer un sourcing Grand Import versus un sourcing local, la gestion du rétro-planning depuis le PO (*Purchasing Order*) jusqu'à la mise à disposition des produits en points de vente, les calculs de réapprovisionnement pour les produits permanents, les calculs de containerisation pour maximiser les FCL (*Full Container Load*) et la gestion des conditions tarifaires et contractuelles avec les différents opérateurs.

Progiciels de gestion d'entrepôt

Un logiciel de gestion d'entrepôt WMS (*Warehouse Management System*) prend en charge les différentes opérations nécessaires pour le suivi des marchandises en entrepôt :

– saisie des réceptions de marchandises ;

– éventuellement gestion d'un conditionnement particulier après éclatement avec création d'étiquette par produit ;

– affectation automatique aux emplacements de stockage en fonction des taux de rotation et des caractéristiques du produit et édition des étiquettes de stockage avec codes à barres ;

– contrôle de la mise en place ;

– préparation des commandes par type de transport puis par tournée et affectation aux préparateurs en fonction des zones de prélèvement et des modes de préparation : palettes, colis par *picking* (*pick and pack*…) etc. ;

– y compris éventuellement le remplissage des colis en tenant compte des emballages les mieux appropriés et des classes de produits pouvant aller ensemble (produits salissants ou non, dangereux ou non, etc.) ; cette fonction peut devenir un véritable pré-colisage tenant compte pour une expédition à un client des poids maximaux des colis, des règles de disposition des différents types de produits, etc. ;

– y compris éventuellement l'optimisation des mouvements des caristes et en tenant compte de l'ordre de chargement des palettes ou des cartons (produits

mal palettisés chargés en fin de préparation afin de les positionner sur la partie supérieure de la palette, etc.) ;

– contrôle de la préparation (contrôle pondéral, contrôle par le préparateur, etc.) ;

– suivi des lots ou des numéros de série ;

– édition des étiquettes du colisage ;

– édition des documents destinés aux transporteurs ;

– gestion globale des emplacements, des flux et des stocks physiques ;

– réalisation des inventaires ;

– interfaces avec les systèmes de gestion des commandes, de RAO, de gestion des stocks, etc. ;

– interfaces avec les balances, systèmes de convoyages, les répartiteurs de colis, les systèmes de pilotage des transstockeurs, les saisies en codes à barre, etc. ;

– gestion éventuelle des emballages.

Les modalités de communication d'un tel progiciel avec ses utilisateurs peuvent être très diverses : terminaux, terminaux embarqués reliés par radio, lecteurs d'étiquettes, installations automatisées de tri avec lecteur de badges ou d'étiquettes, etc.

Les nouvelles technologies de préparation de commande telles que *Pick-To-Light* (affichage des ordres de préparation par des diodes situées au droit des bacs des produits en stock ou de préparation) ou le *Voice Picking* (préparateur connecté par radio et guidé par des ordres vocaux sur les quantités à prélever) mais aussi les moyens mécanisés et automatisés de gestion des flux et des stocks en infrastructures logistiques nécessitent des interfaces entre le WMS et les systèmes de gestion de ces solutions techniques.

■ Aide à la sélection des offres de transport

Le calcul des coûts de transport s'effectue à partir d'une base de données de flux et des tarifs des propositions des transporteurs qui sont désormais intégrés dans les TMS.

■ Utilisation des codes à barres

Le code à barres s'est imposé depuis vingt ans comme le système de lecture automatique le plus simple aux caisses des supermarchés. Dès le début des années 1970 s'est constitué aux États-Unis le système UPC et en 1973 s'est constitué un comité européen pour créer le système de codification EAN *(European Articles Number)*. On notera d'ailleurs que si les systèmes EAN peuvent lire les étiquettes UPC, cela n'est pas vrai en sens inverse. Depuis, le Comité européen de normalisation (CEN) a créé en 1990 un comité *Bar Coding*, le TC225.

Au niveau mondial, GS1 est l'organisation de concertation entre des acteurs indépendants au sein des chaînes logistiques. La mission de GS1 est d'apporter aux entreprises la bonne technologie au bon moment et pour la bonne application en proposant des outils standards et universels (BarCodes, eCom, EPC,…) pour la maîtrise des flux physiques et d'information. Elle gère les normes de codification de l'EAN : code EAN 13 pour les produits, ITF-14 pour

les unités d'expédition et UCC-EAN 128 pour des informations diverses telles que date de production, date limite de consommation, variante promotionnelle, numéro de lot, etc.

Le code EAN 13 est constitué de 13 chiffres :

– 1 : indicatif national (« 3 » pour la France) attribué par l'Association EAN,

– 5 : CNUF, code national fabricant attribué par GENCOD,

– 6 : CIP, code interface produit attribué par le fabricant,

– 1 : clef de contrôle.

Un code supplémentaire peut être ajouté :

– 2 : VL, variante logistique codifiée (cartons, palettes, etc.).

Depuis quelques années commencent à se répandre des « symbologies à deux dimensions » qui permettent d'emmagasiner de grandes quantités d'information sur une étiquette (PDF 417, Super-Code, Datamatrix, Maxicode, Dot-Code, Snowflake, etc.). On peut désormais imaginer de conserver sur une étiquette l'ensemble de la documentation technique nécessaire à un produit.

Ces technologies s'appuient sur des standards internationaux et des applications pour les codes barres utilisant les clés d'identification GS1 pour identifier automatiquement les unités de vente, les lieux, les unités logistiques ou les équipements. Ces standards sont essentiellement les suivants (source GS1 France) (figure 17.1).

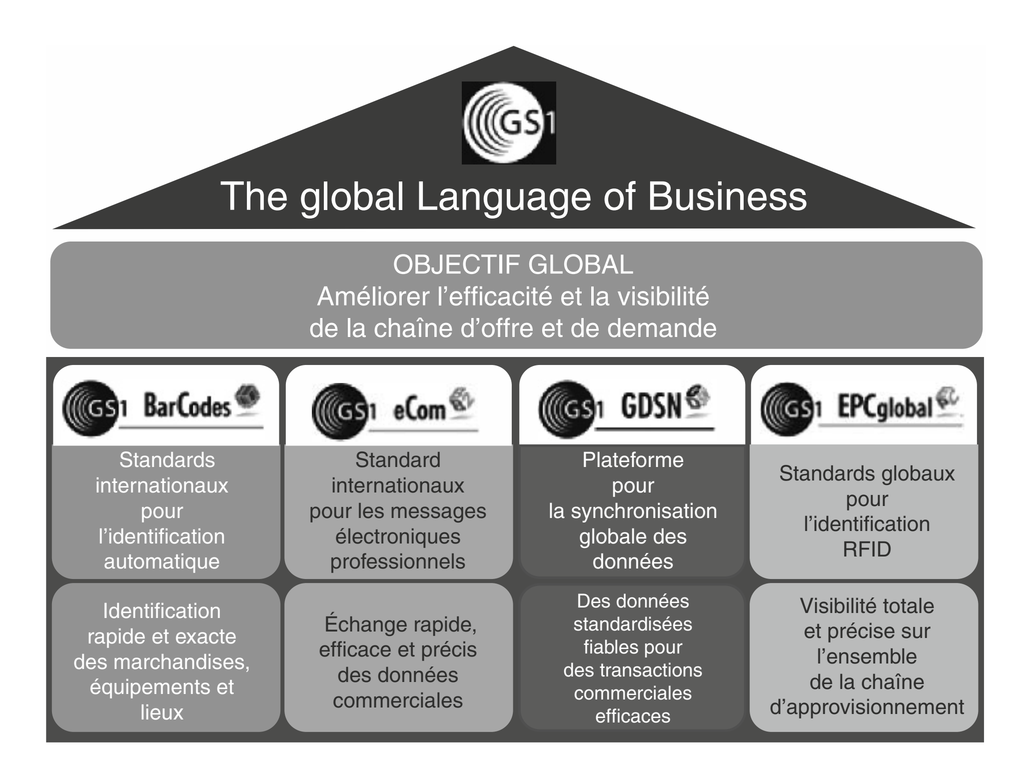


Figure 17.1

Ces standards globaux ont le but de permettre une lecture électronique rapide et fiable à tous les points de la supply chain. Il s'agit d'un système qui combine identification par radio-fréquence (RFID), les infrastructures de communication existante et l'Electronic Product Code (un identifiant unique pour chaque article) chaque objet pouvant être suivi de manière unitaire. La figure 17.2 montre la structure de l'EPC.

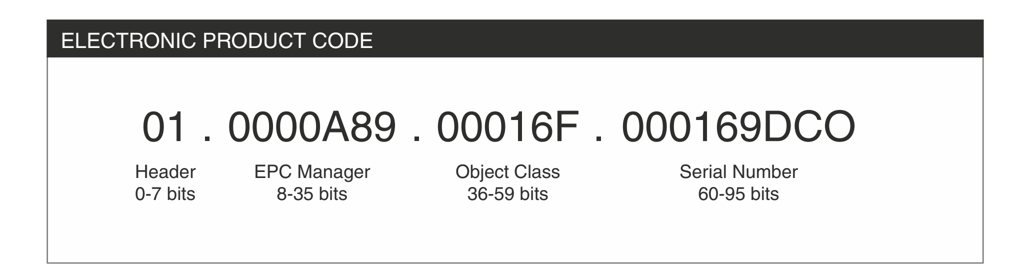


Figure 17.2 – Structure de l'EPC.

La structure du code EPC a été définie de manière à intégrer les standards GS1 actuels : SSCC, SGTIN (S pour sérialisé), SGLN…

On trouvera au § 17.4.3 (étiquetage) quelques éléments sur les symbologies et l'impression des étiquettes avec codes à barres.

Comme on le verra infra, le système d'étiquettes RFID à lecture par radiofréquence va cependant probablement bouleverser les évolutions actuelles du code à barres.

■ Systèmes d'informations logistiques, SCM et APS

Sous ce nom de système d'informations logistiques ou sous des noms américains équivalents (*Enterprise Ressource Planning*, *Supply Chain Management*, etc.), un certain nombre de fournisseurs vendent des ensembles de progiciels associant les diverses applications logistiques. Pour des entreprises industrielles, il s'agissait à l'origine d'associer un module de DRP (*Distribution Ressource Planning*) à un module de MRP et de Demand Planning, et mais on parle alors aussi parfois d'APS (*Advanced Planning Systems*) pour des systèmes qui mettent l'accent sur l'approche d'optimisation intégrée de la supply chain et ce, sans contraintes.

En effet, un certain nombre d'entre eux mettent en œuvre des programmes de simulation ou d'optimisation, souvent à partir de modules Ilog ou Dash Associates. L'idée est de simuler l'ensemble des flux de la *supply chain* aussi bien en distribution qu'en production pour optimiser le résultat à partir de critères préalablement définis. Cependant, la sophistication de certains APS n'a peut-être pas toujours convaincu leurs utilisateurs qui ont parfois du mal à en comprendre la logique, bien que le gain puisse être considérable même s'il ne s'exprime que par un petit pourcentage.

On trouve typiquement dans de tels ensembles de progiciels, des modules de :

– prévisions de la demande : prise en compte des commandes et prévisions ;

– gestion des stocks et du réapprovisionnement : gestion de l'ensemble des stocks de l'entreprise et éventuellement des stocks de ses clients ;

– gestion d'entrepôts ;
– gestion de la production et planification des ateliers ;
– gestion des transports ;
– gestion commerciale ;
– gestion des achats.

En fait ces progiciels qui absorbent peu à peu l'ensemble des applications de l'entreprise tendent à se rapprocher des progiciels classiques de gestion d'entreprise. Comme on l'a vu au chapitre 15, on voit donc se dessiner peu à peu chez les uns et les autres, un double axe de centralisation, l'un financier classique et l'autre logistique, plus axé sur les flux réels. Il est vraisemblable que d'ici quelques années tous les progiciels généraux de gestion d'entreprise intégreront cette dimension logistique.

17.2.2 Progiciels industriels : GPAO, GMAO, TMAO, Gestion d'ateliers, etc.

Ces progiciels ont été sommairement présentés dans les chapitres 8 (GPAO et Gestion d'ateliers) et 11 (GMAO et TMAO).

17.2.3 Gestion des commandes

On peut hésiter à placer une telle application parmi les applications logistiques, mais les liens entre la gestion des commandes et les opérations logistiques nécessaires à leur satisfaction, sont tels qu'on la retrouve désormais dans la plupart des progiciels de gestion de la *supply chain*, même si les fonctions correspondantes ne sont pas toujours rattachées à l'organisation logistique et des progiciels AOM (*Advanced Order Management*) ont vu le jour.

17.2.4 Progiciels de modélisation de réseaux logistiques

On verra au chapitre 18 que la réalisation d'un schéma directeur logistique s'appuie sur l'utilisation de progiciels spécialisés permettant de modéliser l'organisation logistique, de calculer ses coûts en tenant compte des caractéristiques de la demande, de la structure, des coûts de transport, etc. On parle assez souvent de progiciels de simulation bien qu'il ne faille pas les confondre avec des progiciels permettant de simuler les flux logistiques dans un réseau à partir d'un vrai système de simulation au coup par coup. Un certain nombre de ces progiciels permettent de déterminer certaines optimisations. Certains permettent par exemple de découper des secteurs de commercialisation de façon optimale.

On peut d'ailleurs, comme on le verra, utiliser avec le même objectif des techniques de programmation linéaire.

17.3 Irruption d'Internet et problèmes d'architecture

L'industrie du progiciel a connu beaucoup de changements en quelques années :

– Développement des SCM puis une certaine crise à la fin des années 90.

– Développement continu des ERP au détriment très souvent des progiciels spécialisés.

– Adaptations nécessaires pour l'an 2000.

– Irruption d'Internet et de l'e-commerce.

Cette dernière vague a conduit tous les réalisateurs de progiciels logistiques ou de *supply chain* de même que les réalisateurs d'ERP, à développer très rapidement des modules Internet, voire des applications complètes utilisables sur le réseau. Il est impossible d'en faire le point tant les évolutions sont rapides, les normes encore incertaines et importantes les difficultés techniques à résoudre. On verra cependant *infra* l'impact de cette irruption sur l'EDI. Il est certain qu'Internet ouvre des possibilités très importantes de communication entre les partenaires de la *supply chain* entre entreprises différentes, mais aussi à l'intérieur même des entreprises où les architectures intranet offrent de nombreuses possibilités. On a cependant l'impression que les développements très importants de modules logistiques qui ont caractérisé la fin des années 90 ont été arrêtés au moins fonctionnellement et qu'il faudra plusieurs années pour y voir plus clair dans l'avenir des applications de la *supply chain*.

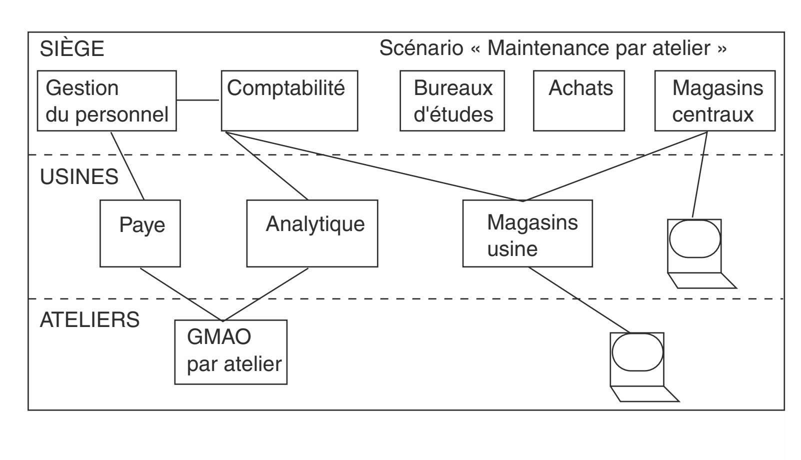
L'informatique d'entreprise a tendance à se constituer avec de plus en plus des progiciels « tout faits » par opposition aux logiciels « sur mesure » de la décennie précédente.

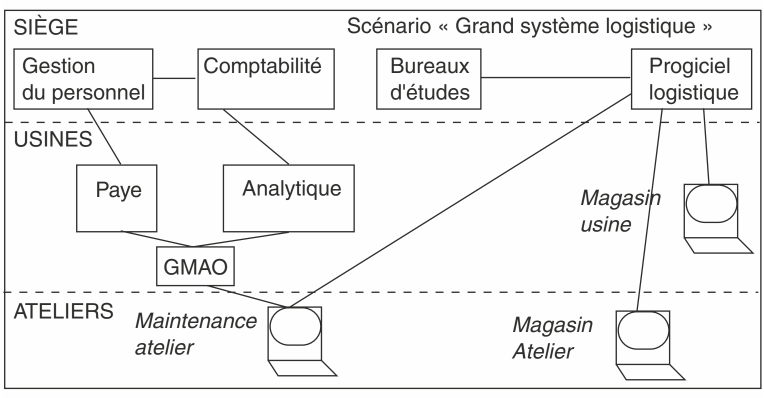
Une difficulté vient de ce que ces progiciels sont constitués le plus souvent par centre d'intérêts fonctionnels : progiciels de production (GPAO), progiciels de maintenance (GMAO), progiciel de gestion logistique intégrée (gestion des stocks, magasinage, gestion des transports) ou plus simplement de gestion des stocks, progiciel de gestion des achats, progiciels comptables, etc. Certains d'entre eux fonctionnent sur de grands ordinateurs et peuvent traiter les problèmes d'une très grande entreprise ; d'autres sont plutôt conçus à la taille d'une usine et d'autres encore sur micro-ordinateurs correspondent mieux aux besoins d'un atelier même si ces distinctions ont tendance à s'estomper.

Il existe en outre, comme on l'a vu, des ERP qui regroupent diverses fonctions sous forme de modules d'un progiciel unique.

Il n'est pas impossible de faire communiquer ces progiciels au prix, le plus souvent, d'adaptations et de réalisations d'interfaces, mais l'on voit immédiatement que l'on a le choix entre différentes options selon les niveaux de progiciels que l'on choisit et les niveaux que l'on privilégie. On trouvera figure 17.3 l'exemple de trois scénarios de logistique de soutien (maintenance et gestion des pièces de rechange), scénarios élaborés en cours de schéma directeur d'informatique logistique d'une très grande entreprise industrielle. Chacun de ces scénarios repose sur des progiciels différents et a ses avantages et ses inconvénients. Cette étude a d'ailleurs montré que, dans ce groupe très centralisé, les trois niveaux Atelier/Usine/Siège n'avaient jamais été vraiment distingués dans une informatique foisonnante.

Cet exemple est très caractéristique des problèmes d'architecture informatique rencontrés actuellement par beaucoup d'entreprises. Il va de soi que si l'on avait pris l'exemple d'une logistique de production et distribution, on aurait trouvé le même type de problèmes avec des progiciels de gestion des ventes, de facturation, de logistique, de gestion de production, de transport, de gestion d'entrepôt, etc.





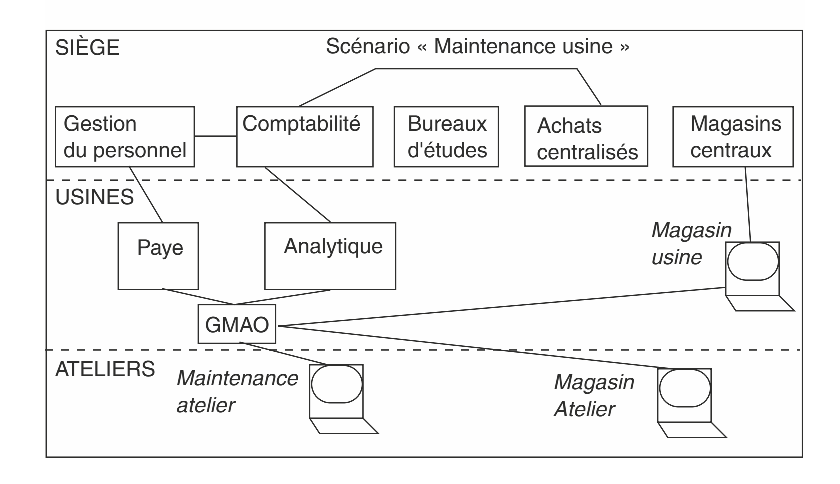


Figure 17.3 – Trois scénarios pour l'organisation de la logistique de soutien d'une grande entreprise industrielle multi-usines.

Les problèmes d'architecture vont devenir de plus en plus complexes avec les nouvelles possibilités de communication offertes par les intranet et extranet. Quand on connaît l'impact des développements des fabricants de progiciels sur les organisations et les pratiques logistiques, on peut penser que des évolutions très importantes vont se produire dans les prochaines années, évolutions dont il est encore difficile de prévoir les orientations.

17.4 L'EDI logistique (échange de données informatisées)

17.4.1 Principes et origines de l'EDI

■ Définition

L'échange de données informatisées (EDI)[1] est, comme son nom l'indique, la possibilité d'échanger des données entre deux entreprises différentes. Dans le domaine logistique, il s'agit bien entendu de documents commerciaux ou de transport tels que commandes, factures, catalogues, ordre d'expédition, etc., mais aussi d'étiquettes avec codes à barres susceptibles d'accompagner la marchandise et d'être lues plus ou moins automatiquement. Il s'agit non seulement de remplacer le papier par des transmissions de messages par télécommunications (comme le permettait le fax), mais également de permettre l'échange d'informations d'ordinateur à ordinateur.

Nous en proposons donc la définition suivante appliquée à la logistique, à la fois plus large que celles que l'on trouve d'habitude dans la littérature spécialisée et plus étroite puisque limitée à la logistique :

> « Mise en place entre entreprises et à l'intérieur d'entreprises ou de groupes participant à une supply chain, de scénarios normalisés d'opérations et de transferts d'informations à l'aide de protocoles, langages, normes de télécommunications ou de codes à barres, etc., permettant de réaliser, suivre et contrôler des transferts de marchandises avec tout leur accompagnement technique (transport et manutention), commercial et financier en réalisant chaque fois que possible les transferts de données d'ordinateur à ordinateur. »

Le développement de l'EDI résulte à la fois de progrès des techniques informatiques et de télécommunications et de très nombreux efforts de normalisation. Parmi les développements techniques, on peut citer la numérisation des télécommunications, le développement de réseaux à valeur ajoutée (RVA) ou d'Internet avec leurs protocoles, langages et standards de télécommunications, la lecture de codes à barres ou symbologies à plusieurs dimensions, etc.

L'introduction de la notion de *supply chain* dans la définition précédente ne répond pas à un effet de mode. Il apparaît en effet que de nombreuses informations doivent pouvoir parcourir la *supply chain* d'entreprises en entreprises, soit en la remontant : traçabilité des produits, informations sur la demande finale, etc., soit en la descendant : suivi des transports et manutentions, saisies aux caisses enregistreuses des numéros de produits, etc.

1. En anglais EDI aussi (*Electronic Data Interchange*).

■ Histoire et sources de la normalisation

C'est dans l'industrie automobile qu'est apparue l'EDI avec l'objectif de profiter des capacités de transfert direct de données émises par des ordinateurs. Il paraissait stupide de produire sur papier des données provenant d'ordinateurs pour les envoyer par fax et/ou par la poste, pour ensuite les ressaisir sur ordinateur chez le destinataire. De nombreuses expériences en ce sens avaient déjà été réalisées et il nous est arrivé, il y a quelques années, de participer au transfert par bandes magnétiques des commandes, des tarifs et des avis d'expédition pour des pièces de rechange d'engins de travaux publics entre le fournisseur et ce qui était alors le plus gros chantier de travaux publics du monde. La technique existait ; ce qui manquait étaient des normes, bien qu'il y en eût déjà dans l'aéronautique. Vers le milieu des années 1980, le constructeur britannique Austin mit en place avec ses fournisseurs des échanges de données de ce type. L'expérience fut remarquée dans les milieux automobiles car les constructeurs automobiles sont d'abord des ensembliers qui sous-traitent une grande partie des pièces qu'ils intègrent. La concurrence japonaise et les premiers pas du juste-à-temps donnèrent une actualité à une telle recherche. Il se créa donc une association technique, Odette, regroupant des entreprises voulant développer les transferts de données dans le monde de l'automobile et un groupement européen, Galia (Groupement pour l'amélioration des liaisons dans l'industrie automobile), groupement capable de diffuser les recommandations de la première norme Odette 1 auprès de ses 420 adhérents (*L'Usine Nouvelle*, 1996-2). Une seconde version de la messagerie Odette voit le jour en 1987 et 3 ans plus tard, l'industrie européenne approvisionne 80 à 90 % de ses besoins à travers l'EDI. Cette messagerie permet de transférer des commandes, expressions de besoin, avis d'expédition, factures.

Le succès de l'EDI dans l'automobile est dû au fait que les constructeurs automobiles ont entraîné, de gré ou de force, leurs fournisseurs à participer. Ce succès a attiré l'intérêt d'autres secteurs industriels, de telle sorte qu'une norme internationale n'a pas tardé à voir le jour : Edifact. Cette norme comporte en fait plusieurs outils :

– un vocabulaire fondé sur le répertoire des éléments de données commerciales des Nations unies (UN/TED) qui a été avalisé en 1976 par l'ISO (norme ISO 7372) ;

– des règles de grammaire appelées *règles de syntaxe* au niveau de l'application. Adoptées par les Nations unies en 1986, elles ont été avalisées par l'ISO en 1987 (norme ISO 9735).

L'intérêt des codes à barres pour les caisses enregistreuses de la grande distribution avait conduit au développement de normalisations d'une part des systèmes de représentation des caractères par codes à barres, ce qu'on appelle la *symbologie*, d'autre part d'une codification des entreprises et surtout de leurs produits. Dès le début des années 1970 s'est constitué aux États-Unis le *Uniform Code Council* (UCC) qui gère le système UPC (*Universal Product Code*), un code à 12 digits utilisé par les entreprises nord-américaines pour l'identification de leurs produits. En 1973 s'est constitué un comité européen pour créer le système de codification EAN (*European Article Number*). En France, ceci a été réalisé par une organisation appelée Gencod qui a adhéré à l'organisation EAN International. Elle s'est constituée à l'initiative du Genfa, Groupement d'études de normalisation des fabricants et du Gendi, Groupe-

ment d'études de normalisation des distributeurs. EAN International fédère désormais 96 associations nationales et gère l'identification automatique des produits. Elle participe au développement des messages Edifact adaptés au secteur de la distribution sous le nom d'EANCOM, en liaison étroite avec l'UPC, les deux codifications étant désormais compatibles.

D'autres sous-ensembles d'Edifact ont été réalisés par divers organismes pour satisfaire les besoins d'EDI dans d'autres secteurs, par exemple RosettaNet dans les secteurs des technologies de l'information et des composants électroniques. Les transporteurs, qu'ils soient terrestres, aériens ou maritimes, éprouvaient les mêmes besoins d'échanger des données d'ordinateur à ordinateur. De très nombreuses organisations de transporteurs ont donc créé à partir d'Edifact et en en respectant les règles, des messageries adaptées aux opérations de transport. En France, le GTF (*Group of Terrestrial Freight Forwarder*), association qui réunit la majorité des sociétés de transport routier en France, a créé le langage Inovert qui répond à ce besoin d'EDI dans le domaine des transports routiers. Dans l'environnement plus large du transport international aérien, routier ou maritime, l'organisation Editransport développe des sous-ensembles d'Edifact pour le transport en tenant compte des accords passés entre EAN International et UN/Edifact. En 2000, Gencod EAN France et Editransport ont développé en commun des standards EAN pour l'identification automatique des unités d'expédition. En 2001, Editransport a commencé à développer un projet de normalisation appelé Edimobile, pour normaliser les échanges de données entre les camions et les différents partenaires du transport.

On assiste depuis lors à de multiples tentatives de normalisation couvrant à la fois les domaines fonctionnels de l'EDI et les développements techniques des NTIC (nouvelles technologies de l'information et de la communication) (voir infra paragraphe 17.4.5). Par ailleurs, afin de remédier à la multiplication des codifications, des standards se développent progressivement, par exemple le UNSPSC (*Universal Standard Product of Services Application*) à 8 chiffres et orienté métier ou l'UUCEC (*Universal Content Extend Classification*). Des standards par type d'industrie se développent également comme le CIDX (*Chemical Industry Data Exchange*) ou le RosettaNeT pour l'électronique.

■ Principes de l'EDI

Pour réaliser un échange de données informatisées, il faut que les deux entreprises qui désirent échanger des données définissent par une convention quelles informations elles veulent échanger, dans quelles formes elles les communiqueront, avec quels moyens, selon quels standards, ce qu'elles en feront, etc.

Ces définitions doivent comprendre :

– des *scénarios* précisant quelles informations sont échangées, quand, dans quel ordre, pour quoi faire, avec quelles réponses, etc. (figure 17.4) ;

– des *messages types* (factures, commandes, avis d'expédition, etc.) précisant les données regroupées souvent sous forme de langages, leur codification, leur ordre, etc. ; ces messages types résultent de standardisation d'organismes professionnels et/ou internationaux ;

– des *organisations et règles de codification* de certaines données, par exemple numéros des entreprises et des produits ;

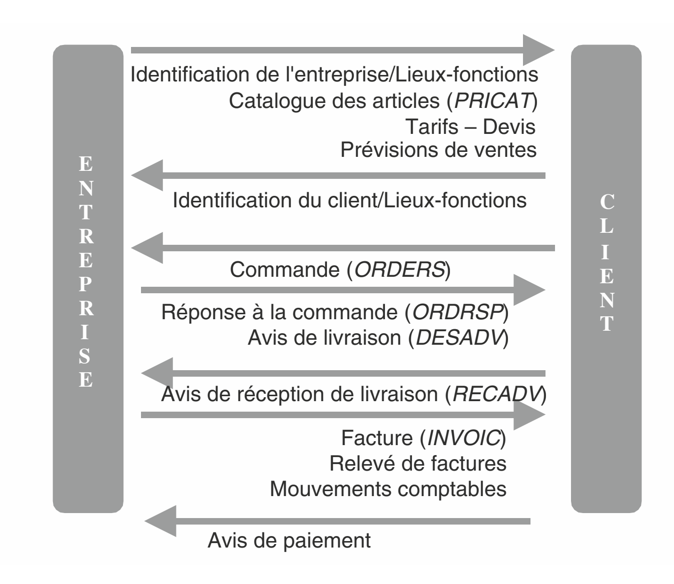


Figure 17.4 – Exemple de scénario.

– des *standards de réseau et des règles spécifiques pour le transfert des messages* et les opérations qui s'y rattachent (accusés de réception, boîtes aux lettres, etc.) ; par exemple, les réseaux à valeur ajoutée (RVA) utilisent souvent les règles X400 qui permettent de relier des systèmes hétérogènes ; le Net et ses techniques en constituent une autre possibilité, avec plusieurs types de standards et de protocoles ; on notera que ces standards informatiques et de télécommunications s'établissent à différents niveaux successifs ;

– des *réseaux* organisés avec leurs serveurs et leurs modalités de gestion technique et commerciale : on connaît les réseaux Allegro[1], Atlas[2], RosettaNet[3], etc.

L'exemple de scénario simplifié de la figure 17.4 proposé par Gencod France montre les différents types de messages que peut échanger une entreprise avec ses clients, sans tenir compte des prestataires tels que transporteurs, TPL, etc. On a mentionné entre parenthèses le nom de quelques messages types parmi les plus connus de la norme Edifact.

Depuis l'entreprise, les démarches préalables aux commandes sont les suivantes :

– l'identification standardisée, par exemple le code national unifié fournisseur à 5 chiffres géré par l'organisme Gencod EAN France et le code lieu-fonction, identification des différents établissements d'une entreprise avec leur adresse, etc. ;

1. « Automatisation des liaisons avec le langage d'échange Gencod par réseau d'ordinateur » : réseau à valeur ajoutée conforme au standard X400 proposé par Gencod EAN France aux utilisateurs d'EDI.
2. Atlas 400 : service de messagerie électronique proposé par France Télécom (Transpac) aux normes X400 de l'UIT-T.
3. RosettaNet : initiative pour un projet EDI dans le secteur des technologies de l'information, des composants électroniques et des semi-conducteurs.

– le catalogue des articles envoyé par le fournisseur à son client ;

– les tarifs ou le devis ;

– les prévisions de ventes réalisées par exemple dans le cadre de la GPA ou du CPFR.

Depuis le client :

– l'identification, par exemple le code national unifié des distributeurs géré par Gencod EAN France et ses « lieux-fonctions » (supermarchés ou plates-formes par exemple) avec leur adresse, etc. ;

– les commandes.

Depuis l'entreprise :

– les réponses possibles à la commande : confirmation, avis de rupture de stock et proposition de produit de substitution, etc. ;

– les avis de livraison.

Depuis le client :

– l'avis de réception des marchandises ;

– éventuellement, les messages relatifs aux avaries ou manquants constatés, etc.

Depuis l'entreprise :

– la ou les factures ;

– les relevés de factures ;

– les mouvements comptables en comptes clients.

Depuis le client :

– les avis de paiement.

Comme on le verra par la suite, les scénarios peuvent être beaucoup plus complexes et traiter également les aspects d'étiquetage : la lecture de codes à barres est en effet une façon commode et économique d'identifier les marchandises et leurs emballages, et les informations ainsi recueillies par les entreprises partenaires, y compris les transporteurs ou 3PL, peuvent venir se combiner avec celles qui sont transmises par EDI.

■ Les modalités techniques

L'EDI suppose que les systèmes informatiques des deux partenaires commerciaux puissent communiquer. Cela peut se faire de plusieurs façons :

1. Le fournisseur peut se connecter au système informatique de son client avec les interfaces appropriées (ou l'inverse) ; c'est par exemple le cas d'un certain nombre de fournisseurs de constructeurs automobiles travaillant en relation très étroite avec leur client, par exemple en gestion de production synchrone.

2. Fournisseurs et clients peuvent participer à un même réseau à valeur ajoutée (RVA). Matériellement, les systèmes informatiques des deux partenaires sont reliés par l'intermédiaire d'un serveur spécialisé qui gère ces échanges et fournit des prestations supplémentaires à des fournisseurs et des clients. C'est le cas par exemple du réseau Allegro de Gencod EAN France. Les applications informatiques de chacun des partenaires ne sont pas normalement conçues pour produire des données aux formats et dans les normes nécessaires à l'échange. Il est donc nécessaire de produire les données à échanger (commandes, factures, etc.) dans le format des applications internes

puis de les traduire dans les formats normalisés avant de les envoyer au serveur du RVA. Cette traduction est effectuée par un programme particulier paramétrable appelé *traducteur*. Il est évident cependant que les codifications nécessaires doivent être introduites dans les applications internes et que les interfaces produisant les fichiers en format interne doivent être les plus simples possibles. À l'inverse, les informations qui proviennent des partenaires commerciaux doivent être transformées en format interne par le traducteur pour être utilisables par les applications de l'entreprise réceptrice.

Parmi les prestations offertes par les RVA, on trouve le système des boîtes à lettres analogue à celui des messageries Internet. Les messages destinés à une entreprise sont rassemblées dans un fichier « Boîte à lettres » où l'entreprise va les chercher avec une certaine périodicité, une ou plusieurs fois par jour. Le message une fois récupéré, un accusé de réception peut être envoyé à l'entreprise émettrice.

Les RVA doivent fournir d'autres prestations indispensables :

– *Authentification des partenaires* : il s'agit d'assurer qu'un message provient bien de l'entreprise qui est censée l'avoir envoyé, et non d'un imposteur ou d'une autre entreprise à la suite d'une erreur ; réciproquement, il convient d'assurer que le message a bien été transmis à l'entreprise destinatrice. Des standards de certification ont donc été établis à cet effet.

– *Intégrité des messages* : il s'agit d'assurer que le message n'a pas été modifié, ceci grâce à des systèmes de clefs de contrôle et de codage qui permettent d'assurer que le message n'a pu être modifié accidentellement par erreur de transmission ou volontairement, ou bien s'il a été modifié de s'en apercevoir immédiatement.

– *Non-répudiation* : il s'agit d'assurer que le destinataire ne pourra pas prétendre n'avoir pas reçu le message.

– *Confidentialité* : il faut qu'aucune personne non autorisée ne puisse prendre connaissance du contenu du message.

Par ailleurs la *dématérialisation des factures* posait un problème juridique et fiscal qui aurait pu bloquer toute possibilité en obligeant à doubler toute facture électronique par une facture sur papier, ce qui enlèverait une partie de son intérêt à la procédure en obligeant en outre à vérifier la concordance entre les deux factures…

Pour la France, un certain nombre de textes sont venus autoriser cette dématérialisation : il s'agit de l'article 47 de la loi de finance rectificative du 29 décembre 1990, dont la mise en œuvre a été assouplie par la loi du 2 juillet 1999. Cela n'est toutefois possible qu'à condition de respecter certaines règles d'authentification et de contrôle de l'intégrité qui sont cependant assez simples.

3. Différents RVA peuvent être connectés entre eux pour échanger des messages. Les relations de partenaires appartenant à des RVA différents offrent moins de possibilités mais le transfert des messages, ce qui est l'essentiel, se fait. Les RVA peuvent aussi s'interconnecter les uns aux autres pour effectuer des recherches sur un ensemble de catalogues électroniques. Le système EANnet.fr est caractéristique de ce deuxième type d'interconnexion. Le serveur réalisé par Gencod EAN France permet d'interconnecter des catalogues français autour des normes Gencod EAN.

4. Certains fournisseurs ou clients de petite taille peuvent se raccorder à un RVA par l'intermédiaire d'Internet. Ils saisissent leurs informations à partir de formulaires HTML et reçoivent les informations venant de leurs partenaires en réseau sous forme de fiches HTML. Les opérations de conversion sont réalisées par un serveur spécialisé Web EDI connecté au RVA.

5. Les serveurs d'EDI peuvent appartenir à de véritables « places de marché » qui offrent à des acheteurs et des vendeurs des prestations de toutes sortes en plus des transferts EDI : multi-catalogues, enchères, enchères inversées, *fourth party logistics*, ingénierie concourante, etc.

17.4.2 Croissance des besoins d'EDI

Dans le développement irrésistible de l'EDI, il est difficile de dire quel en est le moteur, de l'apparition de nouvelles possibilités informatiques et de communication, les NTIC ou d'une croissance des besoins des entreprises en ce domaine. L'effondrement des « dotcom » en 2001 montre bien que rien n'est possible sans un marché porteur et les conditions normales de la rentabilité. Mais il est évident que, ces conditions réunies, chacune des évolutions récentes du monde logistique trouve sa source dans une évolution technique du domaine des NTIC : le concept de *supply chain* est né des bases de données et des ERP ou autre SCM et APS. L'e-commerce est né du HTML et des autres outils du Web. L'ECR et le CPFR sont apparus avec l'X400 et les architectures de serveurs.

■ Approvisionnement en flux tendus

C'est là le côté le plus spectaculaire et la justification économique première de l'EDI. En multipliant les commandes, on peut diminuer les stocks. On a vu à travers l'étude de la formule de Wilson que le coût marginal de chaque commande imposait des limites à la réduction des stocks. De même que dans le cas des séries économiques de l'industrie avec le SMED qui permet de réduire les coûts de lancement d'une nouvelle série et donc de réduire la série, la solution consiste à contourner le problème en réduisant les coûts de chaque commande. L'EDI trouve ainsi sa justification économique globale, voire son idéologie. Dans le domaine industriel, les stocks s'accumulent tout au long de la chaîne de distribution : stocks des sous-traitants pour chaque composant élémentaire, stocks de composants du réalisateur du sous-ensemble, stocks tout au long de la chaîne de production, stocks de sous-ensembles terminés et de sous-ensembles en cours de transport et manutention, stocks de l'ensemblier, stock sur les lignes de production de l'ensemblier, etc. L'EDI a pour but de créer une solidarité entre tous ces stocks pour les réduire dans leur globalité à un niveau plus raisonnable.

Il va de soi que la mise en place de l'EDI va entraîner une transformation profonde des rapports entre tous les acteurs ou, plus exactement, l'EDI est un des éléments de ce phénomène plus global du juste-à-temps externe.

On peut essayer de résumer les différentes modifications apportées aux procédures et à l'organisation :

1. Il n'est plus possible de passer normalement des commandes au coup par coup. Des contrats de longue durée doivent être établis avec les fournisseurs. Ces contrats doivent comprendre les modalités de mise en œuvre de l'EDI.

2. Les fournisseurs doivent avoir connaissance des prévisions d'achat de leurs clients. Ceci implique que les contrats prévoient les obligations des deux parties vis-à-vis de ces prévisions : date à partir de laquelle les prévisions deviennent des commandes (horizon ferme), possibilité pour l'acheteur de modifier ses prévisions dans certaines limites, etc. Il peut même être nécessaire pour le fabricant se trouvant immédiatement en amont de l'organisme de distribution de suivre les ventes du distributeur pour anticiper ses commandes. Ainsi le secteur textile a mis au point la procédure *Quick Response* par laquelle, dès la première semaine des ventes, le fournisseur est informé des ventes de façon à prévoir les coloris, les modèles et les tailles qu'il devra réapprovisionner.

3. L'entreprise qui achète doit modifier ses procédures d'achat en séparant bien la négociation du contrat à long terme et les commandes qui doivent être passées directement par les ateliers. Ces commandes doivent pouvoir être regroupées automatiquement et expédiées aux heures prévues sans passer par le service achat mais après contrôle automatique qu'elles sont conformes aux contrats.

4. Les contrôles à la réception doivent être simples et rapides d'une part pour ne pas perdre le temps gagné, d'autre part pour ne pas augmenter le coût des commandes. Il faut donc mettre en place chez les fournisseurs des procédures d'assurance qualité.

5. Il est nécessaire de maintenir un bordereau de livraison qui accompagne la marchandise en parallèle avec l'avis d'expédition. Il permet en effet d'identifier l'origine de la marchandise et de procéder à la réception, même si la marchandise arrive avant le message ou en cas de défaillance technique de l'EDI.

D'autre part, l'expérience a montré que le juste-à-temps pur n'est pas toujours tenable et qu'il est nécessaire pour le fabricant de recréer un stock. Ainsi les études menées par l'Institut français de la mode dans le secteur du textile ont montré qu'il fallait créer chez les fabricants un stock tampon pour pouvoir livrer dans un délai de 5 à 10 jours. Il peut s'agir là d'un transfert de stock entre l'acheteur et le fournisseur. Ainsi Sofrastock, la filiale d'approvisionnement du groupe Renault, considère que « le simple fait de dialoguer avec un fournisseur en flux EDI nous apporte très rapidement une économie de dix jours de stock ». Il n'est pas certain que cette réduction de stock chez l'acheteur soit entièrement gagnée par une réduction des délais de transmission de commande.

■ Nouvelles formes de coopération entre entreprises : le CPFR

On a vu au chapitre 9 qu'on assiste depuis quelques années à une organisation de la collaboration entre producteurs et distributeurs de façon à :

– régulariser les flux pour diminuer les ruptures de stocks, aussi bien en linéaires qu'à chacune des étapes de la supply chain,

– régulariser la production et diminuer les stocks tout au long de la chaîne.

C'est la simple poursuite de la tendance précédente qui prend des formes diverses appelées le plus souvent ECR (*Efficient Consumer Response*) et qui repose sur des techniques de prévision collaborative et de planification. Le CPFR (*Collaborative Planning Forecasting and Replenishment*), la plus connue de ces techniques, consiste à mettre en place une procédure permanente entre un producteur et un distributeur pour ces différentes activités. Les tâches de chacun ainsi que celles qui doivent être faites en commun sont organisées à partir d'un accord de coopération. Ces techniques reposent sur l'organisation de l'EDI entre les différents partenaires non seulement pour échanger les informations tradi-

tionnelles du négoce, mais aussi des informations sur les prévisions, les promotions, les plannings de production et de distribution, les situations de stock, données de vente, mouvements d'entrée et de sortie, etc. On trouvera dans l'ouvrage sur le CPFR cité en référence, des modèles de données et de flux des processus CPFR.

■ e-commerce, e-procurement et places de marché

On verra au paragraphe 17.4.5 les immenses efforts de développement technique et de standardisation qui conduisent à la normalisation du Web EDI à travers XML. On peut bien entendu se poser la question de l'avenir du e-commerce à la suite des catastrophes financières du début du XXIe siècle, mais force est de constater que l'e-commerce connaît une belle croissance.

Ce développement du e-commerce dirigé vers des particuliers, le B2C, a entraîné la réalisation de nombreux progiciels de communication assurant un grand nombre de fonctionnalités logistiques nouvelles : sécurité des transactions, mise à jour des catalogues en temps réel, tracking des commandes, centre d'appel ou front office avec un CRM, communications avec un vendeur, etc.

Les grandes entreprises ont depuis longtemps centralisé leurs achats stratégiques mais elles avaient souvent dû laisser décentraliser une part importante des achats de toute nature effectués par leurs établissements. Ces achats étaient coûteux tant par leurs procédures que par les prix payés.

Avec l'apparition des intranets et de l'Internet et à l'exemple du B2C, il leur est apparu qu'il était possible de mettre à disposition des unités décentralisées des catalogues de fournisseurs avec lesquels ils pouvaient négocier les prix en connaissant désormais les besoins des unités décentralisés.

L'informatique du e-procurement est apparue en 1999 lorsqu'une société d'édition de catalogues de CD-Rom, devenue Commerce One, décide de mettre ses catalogues sur le Net et de développer son expertise en gestion de l'harmonisation des catalogues. Elle développe alors MarketSite.net et se positionne sur la maîtrise des places de marché en rachetant une société dans le domaine des échanges sous XML. La même année, Ariba procède elle aussi à des rachats et se pose en concurrent. Depuis, Commerce One et Ariba, rejoints par de nombreux concurrents (CODA Software, les ERP, etc.), ont multiplié les partenariats avec deux types de places de marché :

– horizontale, intégrant l'ensemble des techniques associées (ERP, réseaux, paiement, middleware, CRM, etc.) comme l'alliance entre Ariba, i2 et IBM ou SAP et Commerce One ;

– verticale, par secteurs d'achat : électricité, industries minières et métallurgiques, industrie pharmaceutique, etc.

Avec la mondialisation, toutes les entreprises d'un même secteur ont les mêmes fournisseurs. Ces entreprises veulent accélérer leurs procédures d'achat et élargir le champ de leurs fournisseurs en profitant de toutes les opportunités conjoncturelles de baisses de prix. Les possibilités des systèmes d'e-commerce mis en avant par le B2C et renforcées par les mises en place de systèmes d'e-procurement pour les produits non stratégiques, leur paraissent tout aussi nécessaires pour leurs produits stratégiques.

Le coût de la construction d'un système d'e-procurement est cependant très important pour l'entreprise qui achète et doit réaliser le système à partir de

progiciels spécialisés, et pour chacun des fournisseurs qui doit s'interfacer avec chacun des systèmes d'e-procurement de ses clients.

La normalisation des nomenclatures, des descriptions techniques, des indicateurs de qualité des produits, des filières logistiques avec leurs conditions de transport deviennent des éléments fondamentaux pour les acheteurs et aussi pour les fournisseurs. D'où l'idée naturelle des entreprises d'un même secteur, donc concurrentes, de se regrouper pour réaliser un système unique que l'on appelle alors *place de marché,* pour montrer qu'il ne supprime pas la concurrence entre les entreprises, mais permet d'internationaliser et de normaliser le marché.

Les promoteurs de tels systèmes « verticaux » peuvent être des regroupements d'industriels du secteur concerné, des spécialistes des systèmes informatiques d'e-procurement, des opérateurs de télécommunications, des prestataires logistiques, etc.

Les objectifs de tels regroupements peuvent aller bien au-delà de l'achat : planification collaborative, GPA, gestion de la performance et de la qualité, etc. Par exemple le Covisint, place de marché de l'industrie automobile qui regroupe General Motors, Ford, DaimlerChrysler, Renault-Nissan, PSA Peugeot Citroën, envisage de réaliser de l'ingénierie collaborative[1] entre tous les participants afin de réduire le temps de conception des véhicules.

Les vendeurs ont pu avoir la même approche que les acheteurs en organisant le marché de leurs produits entre concurrents d'un même secteur industriel, s'estimant mieux placés pour maîtriser la normalisation de leur propre secteur industriel et la logistique qui devient un élément fort de négociation.

De nombreux secteurs industriels ont connu de telles approches, ainsi par exemple :

– l'acier, avec Stell24-7.com Arbed, Corus, ThyssenKrupp, Usinor ;

– les pneumatiques, avec Goodyear, Pirelli, Michelin, Sumimoto.

Mais de grands distributeurs B2C se sont eux aussi regroupés pour vendre leurs articles en B2B :

– GlobalNetXchange : Carrefour, Sears, Sainsbury's, Metro, Target, Coles Meyer, PPR ;

– WorlWideRetailExchange : Auchan, Casino, Ahold, Tesco, K-Mart.

L'on constate alors une évolution marquée des prestataires logistiques depuis quelques années. Il y a une dizaine d'années, et encore assez souvent de nos jours, les industriels réalisaient eux-mêmes leurs opérations logistiques en interne et sous-traitaient seulement les transports auprès de tractionnaires[2] (les entrepôts et plates-formes sont cependant aujourd'hui) de plus en plus souvent loués. Certaines grandes entreprises de transport ont tenté de développer une activité de prestataires logistiques en fournissant non seulement les plates-formes et entrepôts, mais également les prestations logistiques de gestion du stock, réception, préparation des expéditions et même de pré- ou post-industrialisation[3], ainsi que tout l'accompagnement du commerce interna-

---

1. Ingénierie réalisée en collaboration entre plusieurs entreprises qui s'échangent cahier des charges, plans, devis, etc. par exemple entre ensembliers et équipementiers.
2. Transporteur assurant la « traction » (par camion) d'une plate-forme à une autre.
3. Opération industrielle effectuée sur un produit déjà fabriqué de façon à retarder sa différenciation définitive : conditionnement, adaptation à une langue (notices, étiquettes.), etc.

tional à travers des réseaux de partenaires (transits, chargeurs, agents en douanes, commissionnaires, etc.) ; on parle alors d'entreprises logistiques de 3e part (*third party logistics* ou 3PL).

Avec les places de marché, on voit apparaître de nouvelles formes d'entreprises assurant à la fois les prestations informatiques nécessaires à la place de marché et les prestations logistiques correspondantes, quitte à en sous-traiter elles-mêmes tout ou partie ; on parle alors d'entreprises logistiques de 4e part (4PL).

17.4.3 Les techniques de l'EDI et la normalisation

■ Identification des unités logistiques

Les standards EAN distinguent trois concepts :

– Les *unités d'expéditions,* qui correspondent à ce que l'on appelle en France les « colis » dans la réglementation des transports. Il s'agit d'objets logistiques manipulés lors des opérations de transport et qui doivent être gérés tout au long de la chaîne d'approvisionnement. Ils sont suivis par des numéros de colis (SSCC : *Serial Shipping Container Code*) établis sans tenir compte de leurs contenus.

– Les *unités consommateur,* qui sont les unités les plus élémentaires étant ou pouvant être proposées au consommateur pour l'achat selon une présentation donnée. Cela implique que le produit comporte, sous forme clairement lisible, toutes les mentions imposées par la législation pour les produits proposés à la vente au public. Il convient également qu'il soit identifié par un code à barres permettant sa prise en compte par une caisse enregistreuse.

– Les *unités logistiques standard,* qui sont les regroupements d'unités de base (généralement d'unités consommateur) prévus par un fournisseur à son catalogue.

Chaque unité consommateur doit être identifiable par un code qui sera utilisé le plus souvent sur une étiquette, transcrit en code à barres. C'est le code EAN-UCC appelé plus précisément GTIN (*Global Trade Item Number*) à 14 positions.

Il peut prendre deux formes différentes : un code EAN 13 précédé d'un zéro ou un code EAN 14.

□ Code EAN 13 précédé d'un zéro

C'est l'exemple donné ci-dessus ; 13 signifie « à 13 chiffres ». Le code EAN 13 est le code classique que l'on retrouve sous forme de codes à barres sur tous les produits de grande consommation. Il est constitué de 3 zones :

– le code « 3 » représentant la France,

– le code à 6 chiffres CNUF (code national unifié fournisseur) ou le code CNUD (code national unifié distributeur), codes d'entreprise attribués par Gencod EAN France aux différentes entreprises françaises. Les distributeurs doivent éviter de recodifier les produits qu'ils distribuent car les codes à barres sont mis en place sur les produits par les fabricants et l'utilisation du CNUF permet de faciliter la traçabilité amont (retrouver l'origine d'un produit) ;

– le code interne du produit CIF (code interne fabricant) ou CID (code interne distributeur), code attribué par le fabricant ou le distributeur à ses produits.

À cela s'ajoute une clef de contrôle à 1 chiffre calculée sur les 12 caractères précédents à partir d'un algorithme défini dans les brochures Gencod EAN France.

Ainsi par exemple, un fabricant a créé dans son catalogue 3 produits différents :

– l'unité consommateur, la boîte, avec un code EAN 13 : 3672270001239 ;

– une unité logistique constituée du carton de 12 boîtes avec un autre code EAN 13 : 3672270007897 ;

– une unité logistique constituée d'une palette de 3 couches de 4 cartons, soit 144 boîtes avec un autre code EAN 13 : 3672270007941.

Ces trois codes EAN 13 commencent par les 7 mêmes caractères car ils appartiennent au même fabricant. Seuls les codes CIF diffèrent. Pour en faire des GTIN, il faut les faire précéder d'un zéro. Les règles de livraison sont bien entendu déterminées par le fabricant qui, par exemple, a défini 1 seul type de livraison possible avec 2 unités logistiques et 1 unité consommateur (tableau 17.1) :

– L'UL (0) 3672270007897 ou *carton*, qui est livré systématiquement par 12, ces 12 cartons constituant une palette de 144 boîtes.

– L'UL (0) 3672270007941 ou *palette*, qui est livrée au minimum à l'unité soit 12 cartons ou 144 boîtes.

Tableau 17.1 – Règles de livraison UL en EAN 13.

	Code UL Unité inférieure	Minimum de commande	Multiple de commande	Nombre d'UC par UL
	(0) 3672270007897 3672270001239	12	12	12
	(0) 3672270007941 (0) 3672270007897	1	1	144

L'acheteur pourra indifféremment passer sa commande avec les 2 unités logistiques, mais le produit n'est finalement livré que par palette complète, soit 144 unités consommateur, ce qu'on appelait autrefois une « grosse ».

Les minimum et multiple de commande sont attachés à un GTIN et apparaissent sur la fiche-produit EAN (PRODAT), et ne doivent pas être attachées au GTIN de l'UC.

☐ Code EAN 14

Un code EAN 14 est constitué du code EAN 13 d'un produit, précédé d'un code de 1 à 8, ce code correspondant à une unité logistique du produit. La clef de

contrôle est alors calculée sur les 13 premiers caractères selon la méthode habituelle.

En EAN 14, on n'utilise plus qu'un seul code EAN 13, celui de l'unité consommateur, la boîte : 3543210001230.

On précède le code unité consommateur de :

– « 1 » pour en faire le code de l'unité logistique « carton de 12 boîtes »,

– « 2 » pour en faire le code de l'unité logistique « palette de 12 cartons ».

Le fabricant pourrait s'il le désirait créer d'autres unités logistiques, comme par exemple avec le même code unité consommateur :

– « 3 » pour une couche de palette de 4 cartons,

– « 4 » pour un box-palette de 144 boîtes,

– « 5 » pour une demi-palette de 72 boîtes.

Le choix de l'unité logistique appartient au créateur de l'unité, généralement le propriétaire de la marque commerciale, cependant :

– si l'unité logistique est susceptible de passer aux caisses de sortie des magasins de détail, elle doit nécessairement être identifiée par un code EAN 13,

– la solution EAN 14 ne permet d'identifier que 8 unités logistiques différentes,

– il n'est pas possible de créer des EAN 14 si l'on n'est pas détenteur du CNUF de l'UN contenue ; il lui faut alors créer des EAN 13 avec son propre CNUF ou CNUD.

La distinction entre le code EAN 13 et le code EAN 14 est importante, comme on va le voir, même si apparemment ces deux codes ne diffèrent que par le premier caractère.

■ Codification des colis et des autres données logistiques

La norme ISO 15459 prévoit « un identifiant unique des entités transportables ». Celles-ci sont à peu près équivalentes au colis traditionnel du droit français des transports défini par le décret n° 99-269 du 6 avril 1999 portant approbation du contrat type applicable aux transports publics routiers de marchandises.

Le numéro de colis SSCC (*Serial Shipping Container Code*) permet ainsi d'identifier chaque colis transporté :

– chaque colis a un numéro différent même si son contenu est identique à celui d'un autre colis, contrairement aux unités logistiques qui ont le même numéro si elles sont identiques ;

– ce numéro ne donne aucune information sur son contenu : c'est d'ailleurs le seul identifiant possible pour un colis non standard regroupant des UC dans des quantités diverses pour satisfaire une commande (« colis de détail »).

Le numéro à 18 caractères est constitué de :

– le code de l'organisme émetteur (de 0 à 9 pour EAN International),

– le caractère qui identifie le pays selon le code de EAN International (« 3 » pour la France),

– le code national fabricant de 5 chiffres en France (CNUF) et 5 à 8 chiffres pour les autres pays,

– un numéro séquentiel de 7 à 10 chiffres pour chaque colis attribué par le fabricant dans une série au moins annuelle,

– le caractère de contrôle calculé à partir des 17 chiffres précédents selon l'algorithme habituel EAN.

Comme on le verra, ces SSCC peuvent être reproduits sur des étiquettes en codes à barres pour le suivi des colis.

On peut être amené à représenter sous forme de codes à barres bien d'autres informations que les identifiants des colis et unités logistiques. Pour ce faire, EAN International a défini avec UCC à partir d'un code déjà existant, le code 128, un standard, l'UCC/EAN-128, constitué d'une structure logique et d'un catalogue constitué de nombreux identifiants de données.

L'UCC/EAN-128 est un système de codification à longueur variable rassemblant des données précédées de leurs identifiants. Chaque donnée est ainsi précédée d'un AI (*Application Identifier*) précisant la nature de cette donnée (figure 17.5).

|D | F1 | AI 1 | Données 1 | (F1) | AI 2 | Données 2 | C | F |

D = Caractère de début

F1 = Fonction 1 (si application standardisée UCC/EAN)

AI = Identifiant de donnée (Application Identifier)

Ex. : 00 = SS CC   10 = N° de lot   17 = DLC

C = Code contrôle

F = Fin

Figure 17.5 – La codification UCC/EAN-128.

Après le caractère de début du code 128, un caractère, dit « fonction 1 », annonce la suite des identifiants et de leur valeur en codification UCC/EAN-128. La première donnée suit alors avec son identifiant puis sa valeur.

Si cette valeur est de longueur fixe, elle est immédiatement suivie de l'identifiant et de la valeur qui suivent. Si cette valeur n'est pas de longueur fixe, elle est suivie d'un caractère de type F1 qui précède l'identifiant suivant. Après la dernière valeur, on trouve un code de contrôle et un caractère spécial de fin.

Dans les transcriptions de codes à barres sous forme d'inscriptions sur des étiquettes, on représente en général les identifiants entre parenthèses pour les distinguer des valeurs avec par exemple :

(01)93123451234562 **(17)**991231 **(3103)**025250

avec : 01 = identifiant du GTIN de l'article à 14 caractères, 17 = identifiant de la date maximum de validité à 6 caractères, ici le 31 décembre 1999, et 3103 = identifiant du poids net.

Le catalogue des identifiants de données UCC/EAN-128 comprend une soixantaine d'identifiants (AI) correspondant à des informations que l'on peut souhaiter représenter sous forme de codes à barres.

On peut en citer quelques-uns :

– Le *GTIN* de l'article à 14 caractères (AI 01), constitué comme on l'a vu précédemment soit à partir d'un EAN 13, soit à partir d'un EAN 14, soit encore d'un autre type de code (EAN 8, UPC A par exemple).

– Le *lot de fabrication* (AI 10) avec un numéro de longueur variable allant jusqu'à 20 caractères, constitué par le producteur soit dans une série chronologique, soit par combinaison d'autres informations : numéro de ligne de production, numéro d'équipe, jour, heure, etc. Ce numéro de lot est important pour assurer la traçabilité d'un produit. En cas d'incident de production détecté après coup, le fabricant pourra identifier les destinataires du ou des lots concernés et leur demander de retirer le produit de la vente ; le distributeur peut dans le cas où un défaut sur un produit lui est signalé, informer le fabricant du lot concerné.

– La *date maximum de validité* (AI 17) indique une date limite de consommation ou d'utilisation du produit, date qui peut être soit une « date limite de vente », soit une « date limite de consommation ». La date à 6 chiffres comprend année-mois-jour.

– Le *numéro de série* (AI 21) permet d'identifier un article particulier tout au long de sa vie par la combinaison GTIN-numéro de série. Il est de longueur variable allant jusqu'à 12 caractères et est défini par le fabricant. Gravé sur un article, son rôle est très important pour le suivi de certaines pièces de rechange par exemple.

– Le *poids net* (voir infra).

– Le *numéro de commande du client* (AI 400) permet de faciliter les réceptions physiques de marchandises en les confrontant à la commande et au bordereau de livraison. Gencod EAN France recommande de le constituer avec le code « lieu-fonction commandé par » (voir infra) suivi du numéro de commande à 8 chiffres.

– Le *numéro d'expédition du fournisseur* (AI 402) est composé pour une entreprise française du chiffre 3 et du CNUF suivi d'un numéro à 16 chiffres attribué par l'expéditeur pour chaque expédition, et d'une clef de contrôle.

– La *codification des quantités* dépend évidemment de la nature des mesures et des unités de mesure utilisées. Le système UCC/EAN-128 comprend donc des AI à 4 caractères avec :

- le code 31 pour ce type de codification,
- un code de 0 à 6 correspondant à un type de mesure associé à une unité standard,
- un chiffre indiquant la position de la virgule décimale par rapport à la dernière position de la valeur.

La valeur est de longueur variable, de 8 caractères au maximum. Ainsi une valeur de 001234 précédée d'un AI 3100 qui exprime des poids nets en kilo avec une virgule décimale à zéro correspond à 1 234 kg, avec un AI de 3101 à 123,4 kg, avec un AI de 3102 à 12,34 kg et avec un AI de 3105 à 0,1234 kg.

Le système revient à diviser la valeur par 10^n, n étant le 4e chiffre de l'identifiant avec :

- $001234/10^0 = 1\ 234$ kg = 1,234 t
- $001234/10^1 = 123,4$ kg
- $001\ 234/10^2 = 12,34$ kg
- $001234/10^5 = 0,1234$ kg = 123,4 g

– Le *code lieu-fonction EAN 13*, dit GLN (*Global Location Number*) est un code à 13 caractères qui permet à chaque entreprise, fabricant ou distributeur, de codifier ses établissements. Il comprend :

- 1 chiffre pour le pays (« 3 » pour la France),
- le code CNUF ou CNUD que l'on a déjà vu (Gencod),
- un code CIF (code interne fabricant) ou CID (code interne distributeur) de 3 à 6 chiffres,
- une clef de contrôle de 1 chiffre.

La codification UCC/EAN-128 utilise ensuite ce type de code précédé d'un AI pour identifier les différents lieux qui peuvent intervenir au cours des opérations logistiques : lieu final de destination, lieu d'origine de la marchandise, lieu de facturation, lieu de livraison, etc. Bien entendu les adresses correspondant à chaque code lieu-fonction doivent être connues de ceux qui en ont besoin à travers un fichier qui leur aura été communiqué au préalable. Des mots-clefs en anglais permettent de définir sur une étiquette internationale la nature du lieu-fonction avec par exemple « *Ship To Loc* » pour « Livrer à », ou « *Purchase From* » pour « Fourni par », etc.

– Le *code de routage* (AI 403) est un code libre de 13 caractères numériques au maximum comprenant les informations propres à chaque transporteur et nécessaires au bon acheminement de la marchandise. Il est construit par le transporteur en accord avec l'expéditeur et si plusieurs transporteurs veulent utiliser le même code de routage, ils doivent se mettre d'accord sur sa structure. Ce peut être un code lieu-fonction.

– Le *code « expédier à – livrer à »* (AI 410) est le code lieu-fonction de l'endroit où la marchandise doit être livrée.

– Le *code « lieu final de destination »* (AIU 413) est utilisé lorsque le lieu final de destination de l'unité est connu au moment de la préparation de l'étiquette et que le transport de la marchandise passe par une destination intermédiaire. C'est par exemple le cas du cross-docking avec allotement par le fabricant.

■ Étiquetage

Les systèmes d'étiquetage à codes à barres doivent être conçus de façon à organiser les tâches des différents participants à la chaîne logistique. En effet, l'étiquette accompagne la marchandise mais n'interdit pas de communiquer d'autres informations en EDI. Il faut alors que chaque participant :

– puisse lire les informations en codes à barres avec des lecteurs appropriés au système de codes à barres utilisé,

– retrouve sur l'étiquette les informations indispensables à ses activités logistiques et commerciales, ou au moins les identifiants permettant de les retrouver,

– puisse donc éventuellement à partir de ce qu'il lit sur une étiquette retrouver dans son système informatique les informations correspondantes communiquées par EDI,

– effectue les tâches attendues de ses partenaires, par exemple envoi d'un accusé de réception.

L'étiquetage doit donc être considéré comme une forme d'EDI, qu'il soit ou non accompagné d'échanges d'autres informations par EDI, et doit donc être organisé par conventions particulières (cahier des charges d'achat par exemple) ou utilisation de normes avec :

– établissement de scénarios entre les différents partenaires,

– définition de modèles d'étiquettes standardisées,

– détermination de normes de codification des informations,

– utilisation d'une grammaire liant les différentes informations concaténées sur une même étiquette,

– utilisation d'une ou plusieurs symbologies et des matériels de lecture correspondants.

La symbologie, ou technique de représentation des informations codifiées en codes à barres, est un élément important de la réalisation d'étiquettes. On dispose de 3 symbologies différentes :

– L'EAN 13 qui porte le même nom que le système de codification des UL et est obligatoire lorsque l'UL est une UC susceptible d'être identifiée aux caisses de sortie des magasins de détail.

– L'ITF-14 qui est recommandé lorsque l'on veut imprimer directement le symbole sur l'unité logistique, compte tenu de ses tolérances d'impression plus importantes.

– L'EAN-128 qui porte le même nom que le dictionnaire de données correspondant et est le seul utilisable pour représenter toutes les informations autres que les numéros d'UL.

Il est parfois nécessaire d'utiliser simultanément deux symbologies côte à côte, par exemple si l'on souhaite faire passer l'UL à une caisse enregistreuse et simultanément imprimer des informations relevant du dictionnaire EAN-128.

Depuis quelques années commencent à se répandre des « symbologies à deux dimensions » qui permettent d'emmagasiner de grandes quantités d'information sur une étiquette (PDF 417, Super-Code, Datamatrix, Maxicode, Dot-Code, Snowflake, etc.). On peut désormais imaginer de conserver sur une étiquette l'ensemble de la documentation technique nécessaire à un produit.

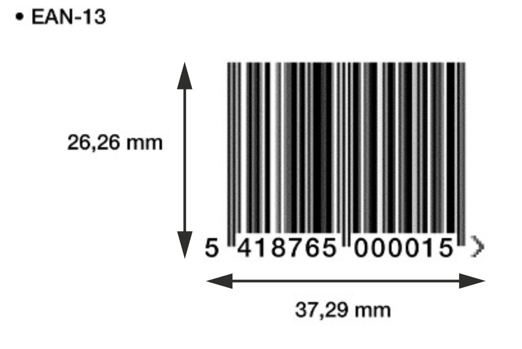
En attendant ces évolutions et celles du RFID, la réalisation technique des codes à barres sur les emballages passe par une technique qui demande beaucoup de précautions. Elle est plutôt du ressort des imprimeurs ou des concepteurs d'imprimantes électroniques mais le logisticien ne peut en ignorer les principes généraux[1].

---

1. Ces informations très sommaires sont extraites d'une présentation intitulée « Codes à barres correctes » disponible sur le site de GS1 Belgium & Luxembourg (www.gs1.belu.org) sur lequel on trouvera des explications claires et complètes.

Les dimensions d'un code à barres EAN-13 et EAN-8 sont spécifiées de manière précise (figure 17.4). Ces mesures incluent le marquage en clair et la marge obligatoire à gauche et à droite du code à barres. On peut cependant réduire le code à barres jusqu'à 80 % et l'agrandir jusqu'à 200 %. La proportion entre sa largeur et sa hauteur doit rester toujours identique, quel que soit le facteur de grossissement appliqué. Sa hauteur ne peut tout simplement pas être diminuée, car cela porte atteinte à la lisibilité « omnidirectionnelle » du code à barres, ce qui implique qu'il ne peut plus être scanné de tous les angles ou dans toutes les directions. Une zone claire (ou marge) doit toujours être prévue aussi bien à sa droite qu'à sa gauche. Pour le scanning, un contraste suffisant entre les barres foncées et le fond clair est indispensable. Ce contraste apparaît du fait que les barres absorbent la lumière du scanner tandis que le fond reflète la lumière.

• EAN-13



• EAN-8

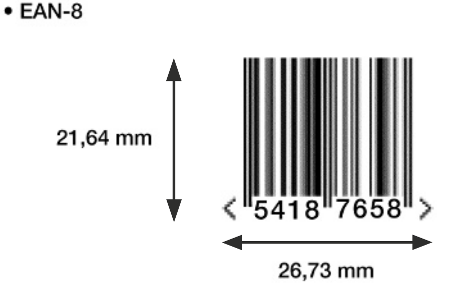


Figure 17.6 – Dimensions nominales des codes à barres EAN 13 et 8.

Le positionnement du code à barres EAN sur l'emballage détermine l'efficacité avec laquelle celui-ci peut être scanné et il est pour cette raison autant que possible standardisé. Le code à barres doit être placé de préférence vers le bas à l'arrière de l'emballage. Dans le cas de lots, seul le code correspondant au lot doit apparaître sur l'emballage et non le code correspondant à l'unité.

Les matériels de marquage permettent soit d'imprimer directement sur le produit ou l'emballage par jet d'encre, soit de réaliser des étiquettes qui sont

posées simultanément à leur impression sur une ligne de production, ou bien d'abord imprimées puis posées de façon différée.

Il va de soi qu'il convient de conserver dans l'ordinateur les informations marquées qui correspondent à des productions ou des expéditions. Cela peut se faire soit simultanément à la réalisation du marquage direct ou par étiquette, soit par une lecture ultérieure automatique des étiquettes qui permet de vérifier leur bonne lisibilité.

Les matériels de lecture optique sont de diverses sortes :

– le *crayon* que l'opérateur déplace sur le symbole perpendiculairement aux barres,

– la *douchette* que l'opérateur plaque sur le symbole ; le rayon balaye le symbole en une seule fois sans qu'il soit nécessaire de déplacer la douchette,

– le *pistolet laser* qui permet à l'opérateur d'effectuer la lecture à distance jusqu'à environ 3 mètres,

– le *scanner* devant lequel on déplace le produit – le système le plus fréquent désormais dans les magasins de distribution ; le scanner omnidirectionnel est capable de lire le symbole quelle que soit la façon dont il est présenté devant la fenêtre de lecture,

– la *caméra CCD* ; contrairement aux systèmes de lecture à rayon laser qui interprètent le symbole sur une ou plusieurs lignes différentes, elle enregistre l'ensemble du symbole et analyse la totalité de la surface du symbole point par point.

17.4.4 Utilisation des messages EDI et des étiquettes logistiques pour le transport[1]

Les étiquettes logistiques et leur accompagnement de messages EDI sont utilisés par tous les partenaires de la *supply chain*. Elles prennent cependant une importance particulière dans les rapports entre le transporteur, l'expéditeur et le destinataire de la marchandise. On a vu que Editransport, l'organisation française qui normalise les différents messages d'EDI relatifs au transport à partir d'Edifact, avait passé un accord avec Gencod EAN France afin d'utiliser conjointement les standards EAN pour l'identification automatique des unités d'expédition dans le monde du transport.

Le système qui en résulte repose sur :

– un *scénario général* d'échanges d'informations aux normes Edifact ; ce scénario repose particulièrement sur deux messages EANCOM :

• l'ordre de transport (IFCSUM) ; ce message envoyé par un donneur d'ordre à un commissionnaire ou mandataire ou transporteur permet de décrire de manière détaillée de multiples opérations de transport en une ou plusieurs expéditions pouvant elle-même contenir plusieurs unités d'expédition ;

• la remontée d'événements de transport (IFTSTA) ; elle permet de renvoyer au donneur d'ordre des informations sur le mouvement physique des marchandises en tout point de la chaîne de transport, soit sur une base

1. On se reportera sur ce sujet au « Guide de l'étiquette logistique et des messages EDI pour le transport » de Gencod EAN France.

prédéfinie, soit lors d'événements prédéterminés, soit lors d'événements exceptionnels. Les événements ont été sélectionnés à partir de la liste des « codes des statuts pour le transport et le commerce » de la recommandation 24 de l'UN/CEFACT : enlèvement non réalisé, enlèvement en cours, enlevé, remis par le transporteur, livraison en cours, etc ;

– une *étiquette logistique* standard EAN réalisée en EAN-128 ;

– deux *modes d'exploitation* « on-line » et « off-line ».

■ L'étiquette logistique standard EAN

L'étiquette logistique standard EAN (figure 17.7) est composée de trois parties distinctes qui peuvent être créées, imprimées et posées à des moments différents :

– Une partie « produit » normalement posée en sortie de fabrication et qui permet de mémoriser toutes les informations relatives à la fabrication et la traçabilité.

– Une partie « transport » destinée à l'acheminement de la marchandise avec en gros caractères un code postal, un code directionnel et un numéro de colis par rapport au nombre total de colis de l'expédition et par ailleurs l'adresse et la date de livraison, le code de routage, etc.

– Une partie « client » apposée en dessous de la partie « transport », ces deux parties étant généralement apposées au moment de la préparation de l'expédition. La partie « client » contient le numéro de commande et éventuellement le lieu-fonction définitif, l'adresse du destinataire final, supermarché par exemple, lorsque l'allotement est fait par le fabricant pour un transfert en cross-docking sur la plate-forme de réception.

■ Étiquetage et traitement on-line

Ce mode de fonctionnement implique une gestion simultanée de messages EDI et la lecture des étiquettes en cours de transport.

Lors de la création des « colis », l'expéditeur appose sur chacun d'entre eux une étiquette avec son SSCC ; il envoie au transporteur un ordre de transport (IFCSUM) contenant les SSCC et les autres informations nécessaires.

Le transporteur intègre les SSCC et leurs caractéristiques dans ses fichiers ; à chaque rupture de charge, il lit les SSCC sur les étiquettes des colis et consulte les informations de routage sur sa propre base de données. Il constate alors tout incident ou erreur.

■ Étiquetage et traitement off-line

Ce mode de fonctionnement permet d'assurer le pointage des unités d'expédition sans avoir accès en temps réel, tout au long du réseau de transport, aux informations détaillées issues de l'ordre de transport (IFCSUM).

L'expéditeur met sur chaque colis une étiquette avec sa partie transport contenant :

– le numéro d'expédition,

– le code de routage,

– le nombre total de colis de l'expédition et le numéro de chaque colis dans l'expédition,



Figure 17.7 – Étiquette logistique standard EAN.

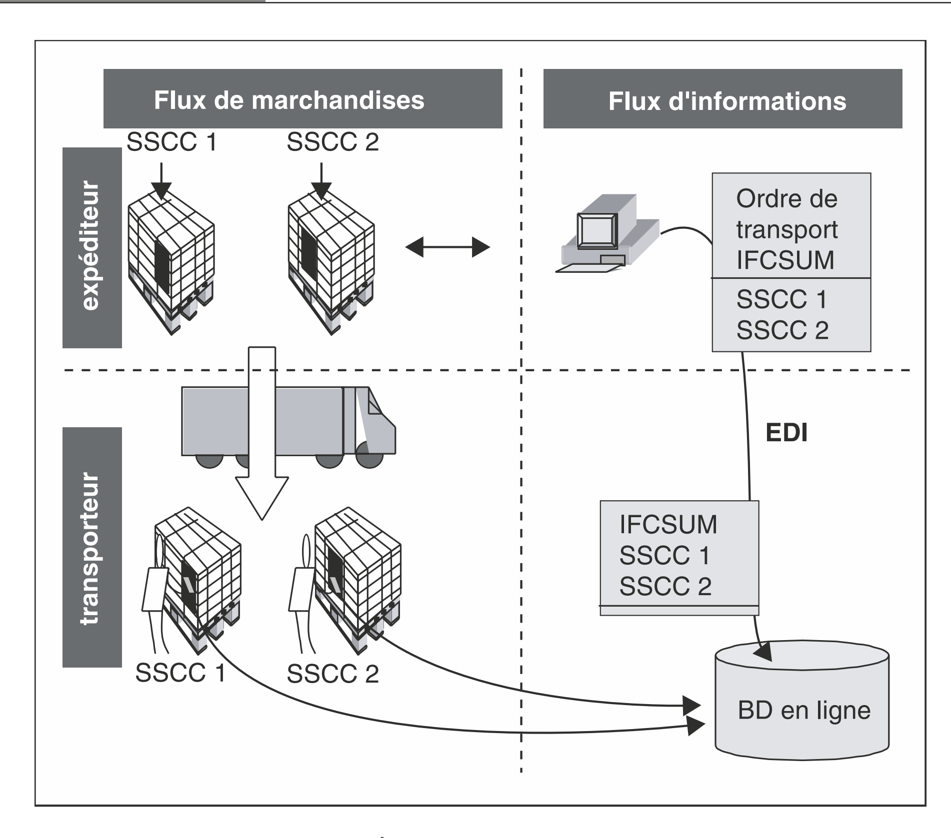


Figure 17.8 – Étiquetage et traitement on-line.

– les données d'acheminement : code de routage, adresse, code postal, etc.,

– éventuellement le SSCC seul élément commun entre les partenaires de la chaîne d'expédition.

Lorsqu'il existe plusieurs transporteurs successifs, chaque transporteur peut remettre une nouvelle étiquette. L'étiquette permet de vérifier la présence de tous les colis d'un ordre d'expédition. La consultation de l'IFCSUM permet de remonter la chaîne de transport et d'assurer les communications entre participants au transport à travers le SSCC.

■ L'informatique embarquée

L'avenir de l'informatique du transport passe cependant par une part de plus en plus importante d'informatique embarquée sur les moyens de transport. Un projet européen, Cometa (*Commercial Vehicle Electronic and Telematic Architecture*), s'est efforcé de définir les principaux éléments de cette informatique embarquée et leurs liens avec les systèmes informatiques du transporteur, voire même des autorités de contrôle routier.

On pourrait y trouver :

– un système informatique embarqué (ordinateur avec écran et clavier),

– un système de communication hertzienne,

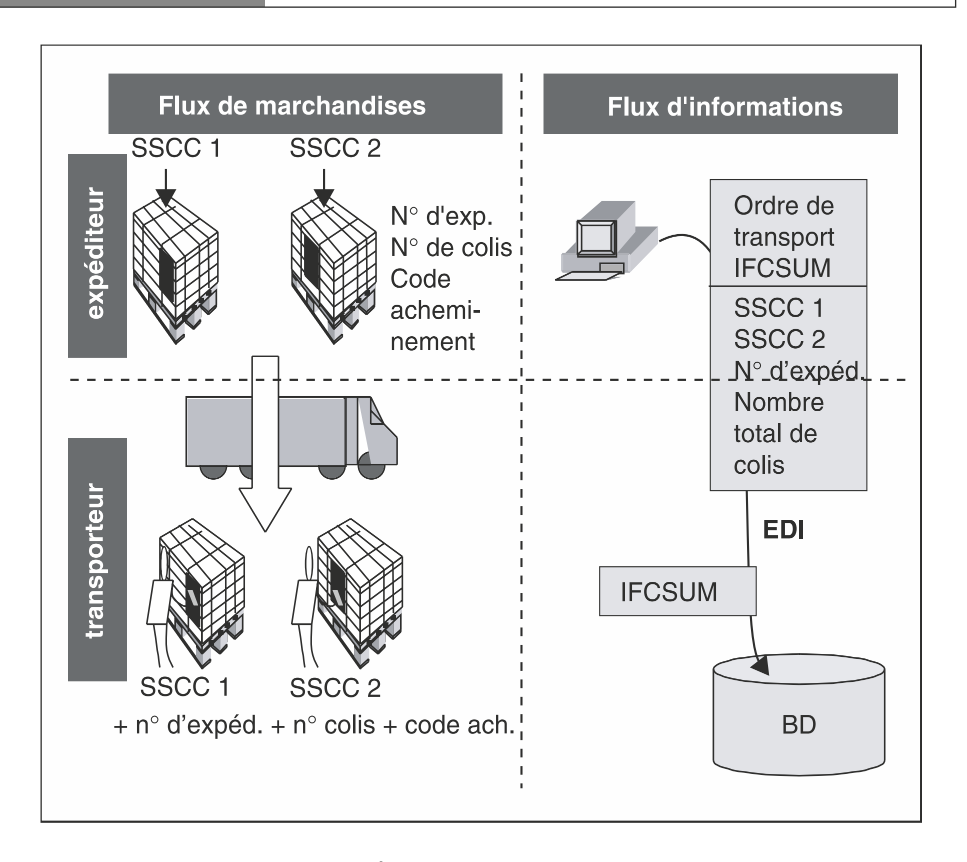


Figure 17.9 – Étiquetage et traitement off-line.

– un système de positionnement de type GPS,

– un chronotachygraphe digital,

– un lecteur et une imprimante d'étiquettes en codes à barres, etc.

L'organisation Editransport a réalisé une norme d'échange pour l'informatique embarquée appelée Edimobile. Cette norme établie par un groupe de travail rassemblant transporteurs et offreurs de solutions d'informatique embarquée et de transmission de données repose sur un scénario avec 6 messages types[1].

■ Les étiquettes RFID

La RFID (*Radio Frequency IDentification*) est une technique d'identification d'un produit ou d'un emballage, carton ou palette par exemple, au moyen d'étiquettes qui lui sont intégrées et qui peuvent émettre des codes par ondes radio. Une étiquette RFID comprend donc un circuit électronique capable d'émettre

1. On en trouvera une présentation rapide dans la brochure « L'Edimobile » réalisée par Editransport, Paris, 2001.

des codes par l'intermédiaire d'une antenne intégrée à l'étiquette. Des systèmes de lecture équipés d'antennes peuvent recevoir ces codes et donc les lire à distance et les transmettre à un ordinateur. Les étiquettes dites *passives* reçoivent les ondes radio du système de lecture et les modulent avec leurs codes qu'elles envoient en retour. Les étiquettes *actives*, plus chères, comportent une source d'énergie qui leur permet d'émettre à plus grande distance.

On distingue en outre deux types de puces : celles sur lesquelles on ne peut lire que ce qu'a écrit leur fabricant (WORM pour *Write Once Read Many*) et les puces *read-write* sur lesquelles on peut écrire de nouvelles données.

L'avantage des étiquettes RFID sur les codes à barres et leurs lecteurs est que la lecture des codes peut se faire avec des étiquettes situées à l'intérieur des emballages et sans intervention humaine pour positionner un lecteur laser devant l'étiquette. Les codes peuvent être beaucoup plus nombreux et mis à jour aux différentes étapes de la circulation physique d'un produit avec des étiquettes *read-write*.

La liaison par ondes radio entre une puce passive et un lecteur peut être établie selon trois gammes de fréquences :

– basse fréquence (125-134 kHz), avec une portée inférieure à 50 cm assortie d'une vitesse de lecture limitée, déjà utilisée pour les contrôles d'accès ;

– haute fréquence (13,56 MHz), ce qui permet une lecture à environ 1 m et est déjà utilisé pour le tri des bagages dans les aéroports ;

– ultra haute fréquence (860-930 MHz), ce qui permet une lecture à une distance de 2 à 5 m à une cadence de 10 à 50 étiquettes par seconde.

Un standard semble émerger pour identifier les objets. Une organisation Auto-ID Center avait été mise en place dès 1999 avec de très grandes entreprises comme Procter & Gamble, Gillette, Wal-Mart, Metro, Ahold, Tesco, etc. Il en est résulté un standard de fait, l'EPC Global UHF Generation 2, avec EPC (Electronic Product Code) de la société EPCglobal, *joint venture* entre UCC et GS1. Utilisant de très hautes fréquences (en Europe la bande 865,6-867,6 MHz), ce standard prévoit de stocker dans un *tag* (étiquette) un nombre constitué de 4 codes totalisant 96 bits en lecture seulement (*read-only*) :

Tableau 17.2 – Code EPC.

Header	EPC Manager	Object Class	Serial Number
8 bits	28 bits	24 bits	36 bits
Version du standard	Code du fabricant	Type de produit	N° de l'objet lui-même

La technologie RFID devrait permettre :

– d'identifier les palettes et cartons de produits reçus des industriels par les distributeurs ;

– de facturer aux consommateurs des libres services le contenu de leur caddy sans intervention d'une caissière. Il ne restera plus au consommateur qu'à recevoir sa facture et payer par carte à un distributeur pour libérer la sortie de son caddy.

L'inconvénient des étiquettes RFID est leur prix :

– 10 cents en 2007 pour une étiquette,

– 1 000 $ au moins pour un lecteur.

Mais les prix devraient baisser dans l'avenir.

Il est évident que la technologie RFID va se généraliser dans les années à venir. Wal-Mart a commencé en 2004 à recevoir des envois accompagnés d'étiquettes RFID dans un entrepôt au Texas de la part de 8 de ses fournisseurs (Gillette, Hewlett-Packard, Johnson & Johnson, Kimberly-Clark, Kraft Foods, Nestlé Purina PetCare Co., Procter & Gamble et Unilever). Les étiquettes des palettes sont lues automatiquement en réception puis celles des cartons sont lues automatiquement lors de leur arrivée dans 7 GMS participant à l'expérimentation. Wal-Mart, qui avait lancé le code à barres, compte économiser 6,7 milliards $ par an en éliminant toutes les opérations de lectures de codes à barres pour les manutentions. L'entreprise vise également une réduction des ruptures de stock et une économie de 1 milliard $ grâce à l'inventaire automatique des produits sur ses rayons avec une baisse de 7,5 % du coût de la main d'œuvre nécessaire pour cette activité, tout cela avec un investissement de 400 000 $ par entrepôt et de 100 000 $ par surface de vente[1].

De nombreuses autres applications sont en cours d'expérimentation :

– US Department of Defense : les fournisseurs de l'armée doivent utiliser la RFID sur les marchandises et les palettes à partir de janvier 2005 ;

– grande distribution : expérimentation chez Tesco, Marks & Spencer, etc. ;

– bibliothèque du Vatican : gestion de plus de 2 millions d'ouvrages ;

– RATP : pass Navigo ;

– Airbus : étiquetage des pièces d'avion, etc.

17.4.5 EDI et Internet

Les développements extrêmement rapides du commerce sur Internet et particulièrement la vogue des places de marché ont obligé les fournisseurs de progiciels ou de places de marché à proposer des systèmes de communication entre entreprises à travers le Net. Déjà des fournisseurs de liaisons EDI avaient mis en œuvre des interfaces Internet avec leurs systèmes.

L'officialisation de XML (*eXtensible Markup Language*) sur le Net a particulièrement favorisé de tels projets. En effet ce métalangage de communication, issu des normes de documentation par marqueurs (SGML), permet de réaliser des descriptions de formats de n'importe quel document. Il est donc relativement simple de construire à partir de XML ses propres normes d'échanges de données appliquées à toutes sortes de transactions et c'est ce qui n'a pas manqué de se faire. Il est d'ailleurs toujours aussi difficile, après plusieurs années, de faire un point de cette évolution dans un ouvrage comme celui-ci car, à peine une nouvelle édition est-elle imprimée que l'état de l'EDI par Internet a changé. Déjà de nombreux systèmes sont proposés qui couvrent une partie des échanges nécessaires à la *supply chain* et aux nouvelles places de

1. http://www.01net.com et http://www.nytimes.com

marché. Pour le commerce électronique, on a vu apparaître successivement, parmi beaucoup d'autres, CXML d'Ariba, CBL de Commerce One, BizTalk de Microsoft, VISA XML de Visa International, OAGIS 7.0 d'Open Applications Group ou encore RosettaNet du consortium Commerce Net.

Il ressort de cette évolution très rapide un besoin de standardisation et déjà des normes concurrentes apparaissent pour faciliter les communications sous forme de registres ou d'annuaires permettant de trouver d'éventuels partenaires et la façon de communiquer avec eux. Ainsi l'OASIS (*Organization for the Advancement of Structured Information*) et l'organisme des Nations unies en charge du commerce électronique, UN/Cefact (*Center for Trade Facilitation and Electronic Business*), ont lancé en 1999 un système comprenant un registre et des spécifications d'échange permettant à des entreprises d'identifier et de mettre en œuvre toutes sortes de protocoles de communication : EbXM dont les travaux ont été publiés en mai 2001. On notera qu'Edifrance gère le projet EbXML au niveau français. Depuis, une nouvelle initiative très voisine a été prise par IBM, Ariba et Microsoft avec la création d'un annuaire électronique, l'UDDI (*Universal Description Discovery and Integration*), permettant de trouver des partenaires commerciaux par secteurs, types de produits ou de services et zones géographiques et les informations nécessaires pour échanger des informations avec eux.

Par ailleurs une structure de travail a été créée en 1999 par des distributeurs (Auchan, Carrefour, Tesco, etc.) et des fabricants (Nestlé, Coca-Cola, Procter & Gamble, Johnson & Johnson, etc.) avec le concours d'UCC pour faciliter l'intégration de la chaîne d'approvisionnement : le GCI (*Global Commerce Initiative*). Un standard mondial pour les schémas XML réalisé à partir du GCIP par EAN International et UCC est publié et mis à jour depuis 2001.

Bibliographie

Comprendre XLM pour les échanges électroniques professionnels, (CD-ROM). Coédition Gencod EAN France et Edifrance, mai 2002.

CROS J.-F., L'EDI, source de compétitivité, *Logistiques Magazine*, n° 108, juin 1996, Paris.

Editransport, « Analyses fonctionnelles des flux d'informations accompagnant les flux physiques » :

Cahier des charges transport routier pour l'étiquette électronique

Fret aérien

Opérations maritimes portuaires

Transport de marchandises dangereuses

Editransport, *Edimobile : la norme d'échange pour l'informatique embarquée*, mars 2001.

Editransport, « Guides d'utilisation des messages Edifact » :

Charges complètes

Fret aérien (Cargofact)

Groupage et lots

Maritime

Prestations logistiques

Routier Messagerie

Transport combiné rail-route

Editransport, *L'EDI dans les transports : comment choisir ses solutions ?*

Editransport, *Liste des codes Edifact concernant le transport traduite en français.*

Editransport, *Optimisez vos échanges d'informations transport*, Éditions CELSE, Paris, avril 2002.

Editransport, *Spécifications techniques d'utilisation du Code Barres bidimensionnel.*

GABRIEL M. et PIMOR Y., *Maintenance assistée par ordinateur*, Masson, Paris, 2e édition, 1987.

LANGLOIS M., GASCH S., *Le commerce électronique BtoB, de l'EDI à Internet*, Editions Dunod, 1999

Le commerce électronique pour l'entreprise, Guide de mise en œuvre des échanges électroniques professionnels. Coédition Gencod EAN France et Edifrance, janvier 2002.

Logistiques Magazine 1, « EDONI, la solution EDIFACT pour le négoce professionnel », n° 108, juin 1996.

Gencod EAN France, *Applications logistiques des Standards EAN. Manuel pratique,* 2e édition.

Gencod EAN France et Edifrance*, Le commerce électronique pour l'entreprise – Guide de mise en œuvre*, Paris, 2002.

Gencod EAN France et Edifrance, *Le guide de la dématérialisation de la facture*, Paris, 2000.

Gencod EAN France, *Guide de l'étiquette logistique et des messages EDI pour le transport,* Paris, 2002.

Logistiques Magazine 4, « Le point sur ces méthodes sécuritaires », n° 108, juin 1996.

MANATA J.-P., Thèse de doctorat de l'Université de Nancy 1, 1996.

MARCHAND R., AGNOUX H., CHIARAMONTI, *Applications EDI sur l'Internet : commerce électronique BtoB*, Editions Eyrolles, Octobre 1999.

PONS J., CHEVALIER P., *La logistique intégrée*, Édition Hermès, Paris, 1993.

PRÉVOST M., WAROQUIER C., *L'analyse de soutien logistique et son enregistrement*, Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, 1994.

SANDOVAL V., *Cals, introduction et mise en œuvre*, Hermès, Paris, 1993.

VICS, *CPFR, concepts, carte routière et premiers pilotes internationaux*, Jouwen Éditions, Paris, 2000.

WINNER R. I., PENNEL J. P., BERTRAND H. E., SLUSAREZUK M. M. G., *The role of concurrent engineering in weapons system acquisition*, Institute for Defense Analysis, IDA Report R338, Alexandria, 1988.

18 • SCHÉMAS DIRECTEURS LOGISTIQUES

18.1 Pourquoi un schéma directeur logistique ?

Un schéma directeur logistique est un document proposant à moyen terme (3 à 5 ans, parfois plus) une évolution de l'organisation logistique d'une entreprise, particulièrement en ce qui concerne son réseau géographique d'entrepôts et de plates-formes, ses objectifs de délai et de qualité de service et principalement ses coûts qui constituent le plus souvent la variable à minimiser.

L'expression « schéma directeur logistique » peut paraître un peu ringarde à une époque où toutes les grandes entreprises industrielles européennes ou mondiales revoient leur « urbanisme logistique » dans le monde entier, modifiant et spécialisant certaines implantations industrielles, en en fermant certaines pour les délocaliser ou les supprimer, en se réorganisant en branches correspondant à des *supply chain* différentes, en s'appuyant sur des plateformes multimodales, en réorganisant leurs transports en axes structurants à l'échelle du monde, etc.

Il ne fait pas de doute que les schémas directeurs logistiques ont une dimension stratégique par les ressources qu'il mobilise, la nature des problématiques couvertes et les éventuels investissements qui sont engagés. Un schéma directeur logistique peut aussi prendre la forme d'un plan moyen terme (PMT) qui s'intègre entre la planification stratégique et les budgets opérationnels. On distinguera au sein du PMT des projets ou des programmes business qui sont centrés sur des problématiques logistiques et/ou supply chain mais qui fondamentalement doivent leur légitimité à leur contribution business et des projets supports (de type assistance à maîtrise d'ouvrage) qui ont vocation de mettre à niveau les ressources logistiques et/ou supply chain (compétences, indicateurs et systèmes de mesure de performance, systèmes d'information, infrastructures, benchmark interne et externe,…).

C'est bien évidemment les comités de direction ou les comités exécutifs groupe qui sont en position de validation des schémas directeurs et des PMT et de leur suivi au cours de leur déploiement.

Un tel schéma directeur doit opérer le plus souvent d'autres arbitrages que ceux entre les coûts et les services rendus à la clientèle ; il doit souvent arbitrer entre le recours aux moyens propres de l'entreprise et l'externalisation qui est une tendance forte de ces dernières années et s'accompagne du renforcement du lien entre direction financière et logistique.

Avant d'examiner les problèmes de méthodes que pose la réalisation d'un schéma directeur logistique, il est donc important d'en examiner les objectifs

(Pourquoi fait-on un schéma directeur ?) et la consistance (Que trouve-t-on dans un schéma directeur réalisé ?).

On ne traitera pas dans ce chapitre des schémas directeurs logistiques qui s'appliquent à un territoire géographique. Ce fut le cas pour la Tunisie dans le cadre d'une étude financée par la Banque Mondiale ou pour le département de Seine et Marne, le plus gros département logistique français pour lequel un schéma directeur logistique est en cours de formalisation en cohérence avec le Schéma Directeur de la Région Ile de France (SDRIF).

18.1.1 Objectifs du schéma directeur

■ Volet logistique d'une planification stratégique d'entreprise

Chaque fois qu'une entreprise pratique une planification stratégique, la logistique est un volet de ses activités qui doit être pris en considération au même titre que la vente ou la production. C'est ce que nous nous sommes efforcés de démontrer au chapitre 15, mais ce n'est pas toujours le cas et cela dépend essentiellement du niveau de maturité de l'entreprise en matière logistique.

■ Création d'une activité autonome nouvelle (production, service, système de défense, etc.)

L'une des questions qui peut être à l'origine d'un schéma directeur logistique est de savoir pour une entreprise s'il est opportun ou non au plan stratégique de filialiser son activité logistique et de valoriser son savoir faire et ses actifs en les mettant à disposition sur le marché concurrentiel. Ce n'est pas une question simple et souvent la tentation est grande pour un comité de direction de générer des revenus (et non pas seulement des économies) relatifs à la mise sur le marché d'une activité logistique avec une forte compétence sectorielle.

La création d'une nouvelle activité autonome est souvent l'occasion de définir un schéma directeur logistique pour cette activité. Il en est ainsi par exemple dans le domaine du soutien logistique intégré. La mise en place d'un nouveau système d'armes demande de définir un réseau logistique d'approvisionnement, de maintenance, de réparation d'équipements et d'échange de pièces, etc. Les objectifs prioritaires dans ce cas sont probablement moins d'optimisation des coûts, comme dans les cas précédents que d'efficacité opérationnelle, mais les objectifs actuels de réduction des coûts rapprochent actuellement les points de vue.

■ Adaptation d'un réseau existant à une activité nouvelle ou à une modification de son environnement concurrentiel

Toute mise en place d'activité nouvelle importante (nouvelle usine ou nouveau produit destiné à un nouveau marché) oblige à se poser la question de l'intégration de cette nouvelle activité dans l'organisation logistique ancienne.

Les modifications de l'environnement concurrentiel d'une entreprise conduisent également à revoir l'organisation logistique de l'entreprise : modification de la clientèle et de ses besoins, de la répartition des parts de marché, des produits, de la structure des coûts et des tarifs, etc.

Les changements technologiques peuvent amener à modifier l'organisation logistique. Ainsi les fabricants d'ordinateurs ont-ils dû réviser l'organisation logistique de leur SAV avec l'amélioration de la fiabilité des composants élec-

troniques au cours de ces dernières années et le développement de la maintenance de troisième partie.

Il s'agit dans ces cas d'être innovant et de profiter de l'évolution de l'environnement pour remettre en cause les business modèles logistiques existants.

■ **La remise à plat des cahiers des charges service**

Un input fondamental de l'élaboration de schémas directeurs logistiques est l'évolution des cahiers des charges service. Une tendance lourde évoquée précédemment est de passer d'une logique mono service à la segmentation des services. Celle-ci peut s'appliquer à des types de clients (volume, criticité, approche collaborative,…), de pays (en fonction des canaux de distribution ou de niveau des infrastructures,…), ou encore des produits (catégorisation ABC sur le volume, la valeur, la fréquence,…). Dès lors il s'agira de redéfinir les niveaux de service par exemple en matière de délai et de disponibilité (taux de service) sur chaque segment identifié. Les SLA (*Service Level Agreements*) sont des inducteurs essentiels de refonte et d'élaboration de schémas directeurs logistiques.

■ **Réduction des coûts**

La réduction des coûts est certainement un des motifs les plus fréquents du recours à l'élaboration d'un schéma directeur. Les conclusions de tels schémas mettent le plus souvent l'accent sur des réductions très importantes de coûts. De tels objectifs sont fréquents et traduisent le fait que les entreprises, dans leur politique de réduction des coûts, ont souvent trouvé dans la logistique un gisement important d'économies dû au fait que personne jusqu'à présent ne s'en était réellement préoccupé. On voit des entreprises se proposer de réduire de moitié leur ratio coût logistique/consommation en 5 ans...

Quelles que soient les motivations qui président à un schéma directeur logistique, ce dernier devra répondre aux 4 indicateurs clés business rendant compte de la contribution de la logistique/Supply Chain au business : service, coût, rotation des stocks et rentabilité des actifs.

18.1.2 Consistance du schéma directeur

■ **Place de la logistique dans l'organisation**

Le plus souvent les schémas directeurs ne remettent pas en cause la place de la logistique dans l'organisation. La création de directions logistiques centralisées à la place de services régionaux ou par filières résultent rarement d'un schéma directeur logistique. Au contraire, c'est souvent le schéma directeur logistique qui résulte de la création d'une direction logistique et de la désignation d'un homme pour conduire la politique logistique de l'entreprise.

Cependant, la mise en place d'un nouveau réseau logistique est parfois l'occasion de redéfinir les liens hiérarchiques et de rationaliser des organisations qui sont souvent en ce domaine le fruit de l'histoire et de besoins successifs.

En réalité refonte de l'organisation logistique et schéma directeur sont très liés et peu importe qui précède l'autre. Il n'est cependant pas rare qu'un diagnostic logistique soit à l'origine du repositionnement de la logistique et par exemple de son intégration au sein d'un comité de direction et d'un schéma directeur.

Redéfinition des objectifs stratégiques de la logistique

La réalisation d'un schéma directeur logistique conduit naturellement à s'interroger sur les objectifs stratégiques de la logistique. Mais l'on notera là encore que l'analyse des objectifs réels du recours à des schémas directeurs logistiques montre bien que cette redéfinition des objectifs stratégiques est au moins en germe dans la décision d'y procéder. La participation au projet de consultants de haut niveau, la création, comme on le verra, d'un comité de projet transverse et les questions mêmes que l'on sera amené à se poser dans la préparation des scénarios conduiront presque nécessairement à « mettre à plat » ces objectifs stratégiques et implicitement à les redéfinir.

Redéfinition des objectifs opérationnels de la logistique

Réaliser un schéma directeur logistique est, comme on le verra, se poser beaucoup de questions sur les objectifs opérationnels de la logistique. Il va falloir déterminer par segment de produits, voire même par produit, quels délais de livraison, quel taux de service, quelles procédures d'urgence, quels procédures d'échange standard ou de réparation, quels services logistiques particuliers doivent être assurés par catégorie de clients. C'est souvent une tâche difficile mais indispensable car l'entreprise vit trop souvent sur des habitudes en ce domaine et la séparation entre marketing, direction commerciale, logistique et production n'incite pas à de telles analyses transverses.

Organisation structurelle du réseau logistique

C'est le point essentiel d'un schéma directeur logistique. Tout ce qui est présenté ici concerne essentiellement des entreprises amenées à redéfinir un réseau logistique à plusieurs niveaux et plusieurs entrepôts ou plates-formes. Les progiciels utilisés pour la réalisation d'un tel schéma sont orientés sur l'optimisation de ces choix.

Choix entre sous-traitance et opérations directes

C'est l'une des raisons les plus fréquentes des schémas directeurs et c'est un point qu'il est difficile de ne pas prendre en compte actuellement parmi les différentes hypothèses possibles.

Horizon du schéma directeur

L'horizon du schéma directeur est très variable selon les entreprises et il peut même être différent entre le début et la fin du projet de schéma directeur. Si, en effet, il apparaît à l'issue du schéma directeur qu'un scénario d'organisation est susceptible d'entraîner des gains très importants et que ce scénario peut être mis en œuvre relativement rapidement (en 6 mois par exemple), il pourra paraître inutile de différer sa mise en œuvre. En phase d'étude cependant, on retiendra le plus souvent un horizon de 3 à 5 ans qui est ce que l'on considère comme un horizon logistique normal pour beaucoup d'entreprises, bien que cette horizon de visibilité tende à se réduire depuis quelques années

Cependant certaines entreprises peuvent avoir une planification stratégique à plus long terme et souhaiter en tenir compte dans la définition de leur organisation logistique. C'est le cas particulièrement des planifications stratégiques concernant le développement dans des pays nouveaux. Il est évident qu'une entreprise française qui compte développer ses activités de production et de commercialisation progressivement sur 15 ans dans un ensemble de pays ne

devrait pas organiser son schéma logistique comme s'il ne concernait que des unités de production françaises et le marché actuel. Elle sera vraisemblablement amenée à organiser sa production au niveau international avec éventuellement une spécialisation et devra prévoir à long terme les évolutions qui en résulteront dans son organisation logistique de production et de distribution.

On tend actuellement à réutiliser systématiquement le modèle conçu pour réaliser le schéma directeur logistique. Une équipe très légère peut ainsi périodiquement réutiliser ce modèle après actualisation et prendre en compte des nouveaux besoins. Le schéma directeur logistique tend ainsi à devenir une fonction quasi permanente de la direction logistique qui conserve l'expérience stratégique logistique de l'entreprise.

18.2 Principes généraux

La réalisation d'un schéma directeur logistique, ou quelque autre nom que l'on voudra lui donner, peut être extrêmement complexe et faire appel à des outils sophistiqués, mais elle repose toujours sur quelques principes simples et de bon sens :

– Le schéma directeur logistique d'une entreprise est un projet majeur, de plus en plus souvent stratégique et qui doit faire appel à toutes les techniques habituelles d'un projet de cette importance.

– Il faut avoir une connaissance aussi détaillée que possible du système logistique existant, de ses flux, de ses stocks, de ses coûts et de ses performances. Particulièrement, il faut pouvoir déterminer des flux homogènes de produits, homogènes quant à leurs caractéristiques logistiques (poids, valeur au kilo, mode de conditionnement et de transport), quant aux besoins logistiques nécessaires (quantités, délais en jours et mêmes horaires, taux de qualité de service, etc.), et quand à leurs modalités d'approvisionnement ou de fabrication.

– Il faut avoir cette connaissance tout au long de la partie de la *supply chain* que l'on maîtrise, indépendamment des directions et services de l'entreprise elle-même. On ne construit pas un schéma directeur logistique sur une partie de la chaîne mais pour sa totalité. Ceci implique qu'un schéma directeur logistique est nécessairement un projet transverse qui doit normalement impliquer une grande partie de l'entreprise.

– La réalisation d'un schéma directeur logistique est pratiquement toujours une recherche d'optimisation et comme toute recherche de ce type, on se heurte rapidement à des difficultés combinatoires pour lesquelles il faut souvent faire appel à des programmes spécialisés.

– L'activité logistique n'est que pour une part une activité qui s'exerce sur des produits. C'est aussi une activité de transfert et de traitement d'informations. L'informatique est le premier outil de réalisation d'un tel schéma. C'est aussi une contrainte pour les réalisations envisagées.

Ces principes de bon sens ne font pas une méthode mais ils permettent de distinguer les différentes approches nécessaires à la réalisation d'un tel schéma.

On distinguera donc :

– Des méthodes générales de gestion de projet ; c'est ce que nous aborderons sommairement sous le titre « Organisation du projet » au paragraphe 18.4.

– Une méthodologie générale que l'on s'efforcera de décrire ici, caractéristique d'un tel projet logistique mais qui doit s'adapter au contexte et aux objectifs de l'entreprise ; elle sera l'objet du paragraphe 18.5.

– Des méthodes d'analyse rigoureuses et standardisées pour que l'on soit capable de décrire et de mesurer aussi bien les procédures et les flux existants que ceux que l'on envisage de modifier ou de créer. Nous présenterons seulement la méthode SCOR qui nous paraît actuellement la plus appropriée à de telles analyses de *supply chain*, et surtout qui bénéficie du maximum d'expérience en ce domaine, au moins aux États-Unis. Elle sera l'objet du paragraphe 18.3.

– Des méthodes de modélisation mathématique capables de déterminer des optimums ; si l'utilisation de méthodes informatiques s'impose pour résoudre de tels problèmes, on a le choix entre beaucoup de progiciels qui font cependant appel à des outils de même nature, programmation linéaire et leurs algorithmes d'optimisation et bases de données géographiques. On ne présentera pas ces méthodes ici, mais on évoquera leur emploi tout au long de la description des étapes de la méthodologie générale.

Cette approche permet de coupler les modèles utilisés pour optimiser une situation logistique (comme par exemple un réseau de distribution ou un entrepôt) et les processus d'élaboration budgétaire qui sont sous contrôle de la direction financière. Ce couplage nous apparaît totalement majeur car il permet de positionner la logistique comme contributrice des objectifs financiers de l'entreprise.

– Un état de l'art propre à chaque type d'entreprise : logistique de flux ou de soutien, producteurs, ou distributeurs, secteur de production, marché, etc. Il n'est pas possible de décrire l'état de l'art de chacun d'entre eux ici, mais le présent ouvrage s'est efforcé d'en présenter quelques exemples et le lecteur devra garder à l'esprit ce point essentiel qu'il n'est pas question pour réaliser un tel schéma d'ignorer l'état de l'art de sa profession et particulièrement ce que font les *best-in-classes*, quitte à innover mais seulement après avoir bien compris les particularités de chaque logistique.

18.3 La méthode SCOR

La méthode SCOR et le *Supply Chain Council* (SCC) ont déjà été évoqués au chapitre 16 à propos du *benchmarking*. Ce qui nous importe ici est de comprendre comment est construit le référentiel qui permet à chaque entreprise de construire un modèle progressivement détaillé de ses procédures, de ses flux et de son organisation.

Cette approche permet de formaliser le niveau de maturité de la logistique/supply chain management au sein de l'entreprise, d'identifier les cibles visées et de formaliser les écarts entre situation actuelle et future et par conséquent les projets qui constitueront les business programmes et les programmes supports d'un PMT ou d'un schéma directeur.

Les figures qui illustrent cette présentation sont empruntées et traduites d'une brochure de présentation du *Supply Chain Council* « *Overview of SCOR version 3.1* », et l'on trouvera les références du SCC en bibliographie.

Quatre processus de management constituent le cœur de SCOR et l'on a préféré conserver ici les termes américains, quitte à les traduire, afin de respecter la présentation du *Supply Chain Council* avec (figure 18.1) :

– *Plan* : planifier ou piloter selon les cas (échelle de temps différente).

– *Source* : approvisionner depuis un fournisseur interne ou externe.

– *Make* : fabriquer, assembler, produire.

– *Deliver* : livrer, fournir, opération inverse de *Source*.

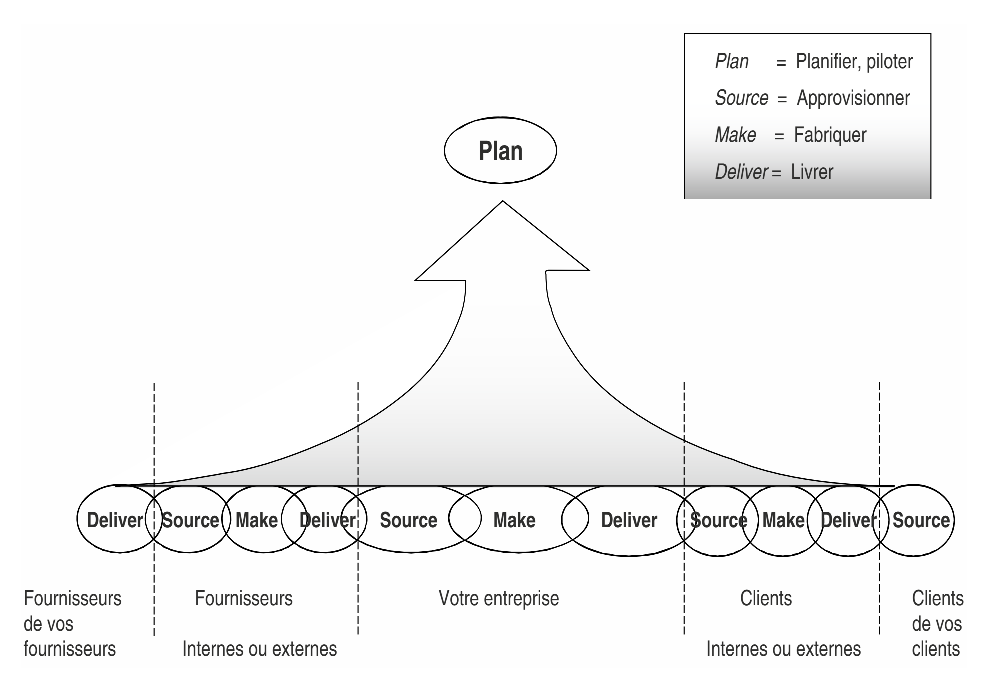


Figure 18.1 – Les quatre processus de base de SCOR (© 2001 *Supply Chain Council*).

Chaque intersection de deux processus d'exécution (*Source*-*Make*-*Deliver*) est un lien de la *supply chain* :

– un processus d'exécution transforme ou transporte des matières premières et/ou des produits ;

– chaque processus est un client du processus précédent et un fournisseur du processus suivant.

Les processus de planification managent ces liens fournisseurs-clients :

– le processus de planification (ou pilotage) « balance » la *supply chain*, c'est-à-dire assure les équilibres entre les entrées et les sorties pour chaque période de temps ;

– chaque intersection de deux processus d'exécution demande un processus de pilotage ou de planification.

On a présenté au chapitre 1 une carte des États-Unis sur laquelle apparaissaient les principaux flux logistiques d'une entreprise de construction

d'ordinateurs : ACME (voir figure 1.8). Deux grandes familles de flux logistiques apparaissaient sur cette carte : la production et la vente par ACME de micro-ordinateurs portables et la distribution par intégration à des micro-ordinateurs de bureau de semi-conducteurs produits par LACME Taïwan en même temps qu'il les produit pour la famille précédente.

Le diagramme proposé figure 18.2 présente selon la méthodologie SCOR (version 3.1) aux niveaux 1 et 2, la première famille de processus (entourée sur la carte de la figure 1.8 par un rectangle en pointillé).

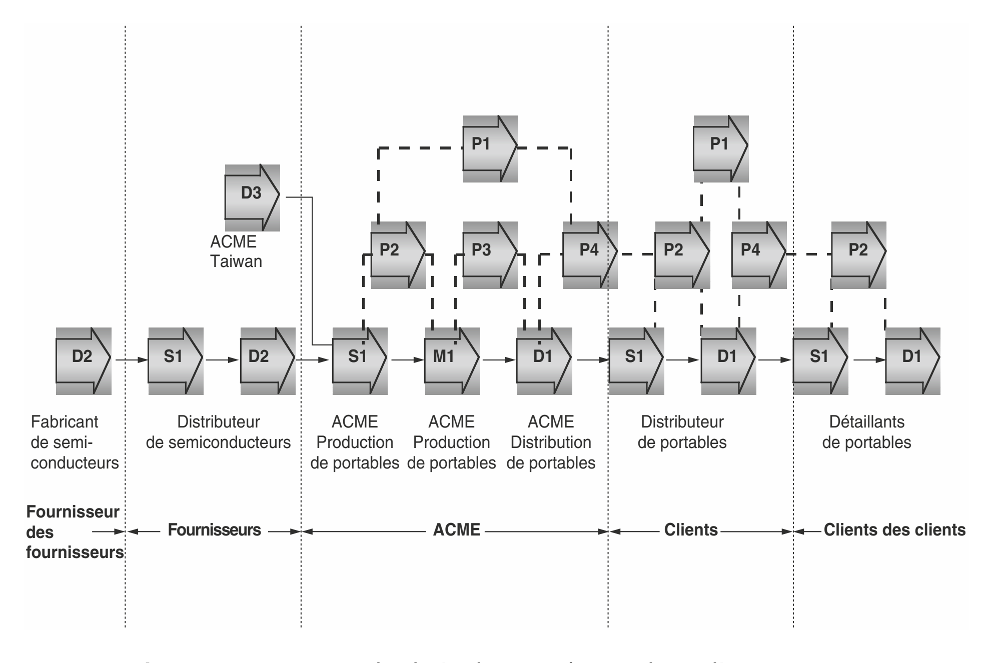


Figure 18.2 – La *supply chain* d'ACME (exemple réalisé par SCOR © 2001 *Supply Chain Council*).

On reconnaît dans chaque flèche les quatre processus types : *Source* (S), *Make* (M), *Deliver* (D) et *Plan* (P). Le numéro qui suit, par exemple « 2 » dans D2, précise seulement la nature du processus : ainsi D2 = « Livraison pour une commande particulière » par opposition à D1 qui est une « Livraison sur stock ». Ces processus correspondent au niveau 2 de SCOR et sont détaillés dans le tableau 18.1.

Tableau 18.1

Source	Make	Deliver
S1 : *Source* sur produits stockés	M1 : *Make* pour stocks	D1 : *Deliver* sur stock
S2 : Produits sur commande	M2 : *Make* sur commande	D2 : *Deliver* sur commande
S3 : Commande d'ingénierie	M3 : Ingénierie sur commande	D3 : *Deliver* ingénierie sur commande

L'activité de l'ACME pour cette famille consiste à approvisionner des semi-conducteurs (*Source* = S1), à fabriquer les portables (*Make* = M1) et à les distribuer (*Deliver* = D1) ; cela est représenté par les trois flèches S1, M1 et D1 à l'intérieur de la colonne ACME.

Cependant l'ACME doit aussi piloter ces activités et c'est ce qui apparaît sur les flèches situées au-dessus des précédentes avec le pilotage ou la planification des approvisionnements (*Plan* = P2), le pilotage ou la planification de la production (*Plan* = P3) et le pilotage ou la planification de la distribution (*Plan* = P4). C'est ce que représentent les trois flèches P2, P3 et P4, situées au-dessus des précédentes dans le cadre ACME.

Le pilotage ou la planification générale de la *supply chain* d'ACME est exprimé par la flèche P1 qui représente le pilotage de P2, P3 et P4.

Cependant, un des principes de base de SCOR est que l'on doit représenter la *supply chain* depuis les « fournisseurs des fournisseurs » jusqu'aux « clients des clients ». C'est ce qui apparaît dans les colonnes « Fournisseurs », « Fournisseurs des fournisseurs », « Clients » et « Clients des clients » avec :

– D2 pour un fabricant externe de semi-conducteurs, fournisseur de fournisseur ;

– D3 pour l'usine ACME de Taïwan, fabricant interne de semi-conducteurs, fournisseur interne ;

– S1, D2 pour le distributeur du fabricant externe de semi-conducteurs, fournisseur externe ;

– S1, D1 pour le ou les distributeurs des portables, les clients ;

– S1, D1 pour les détaillants des portables, les clients des clients.

Bien entendu, l'entreprise ACME n'a pas la maîtrise de l'ensemble de sa *supply chain*. Si par la suite d'accords de coopération, elle devenait capable de piloter l'ensemble de la *supply chain* comme une entreprise virtuelle, il conviendra de rajouter un nouveau niveau de pilotage de l'ensemble de la *supply chain* comme présenté figure 18.3.

Bien entendu, la méthode ne peut rester à ce stade de généralité et chaque processus de niveau 1 ou 2 (représenté par une flèche sur la figure 18.3) doit être décomposée en plusieurs sous-processus de niveau 3, comme présenté figure 18.4.

Chacun des sous-processus peut ensuite être décomposé par une analyse hiérarchique traditionnelle (figure 18.5).

On descend ainsi progressivement jusqu'aux niveaux 5 et 6, ce qui permet de représenter l'ensemble des processus de la *supply chain* de l'entreprise avec des méthodes standardisées.

L'objectif de SCOR n'est cependant pas seulement d'établir une description fonctionnelle d'une *supply chain*, mais aussi de construire à partir d'un référentiel standardisé, une « métrique », ensemble d'indicateurs quantitatifs coordonnés.

À chaque niveau d'analyse, on va donc trouver des indicateurs de performance calqués sur la structure d'analyse de la *supply chain*, telle l'analyse du niveau 0 présentée figure 18.6.

On pourra trouver les mêmes indicateurs aux niveaux 1, 2, etc., mais limités chacun à une partie de la *supply chain* ou des indicateurs plus spécifiques d'une activité particulière. Réciproquement, les indicateurs d'un niveau sont obtenus par agrégation des données du niveau inférieur.

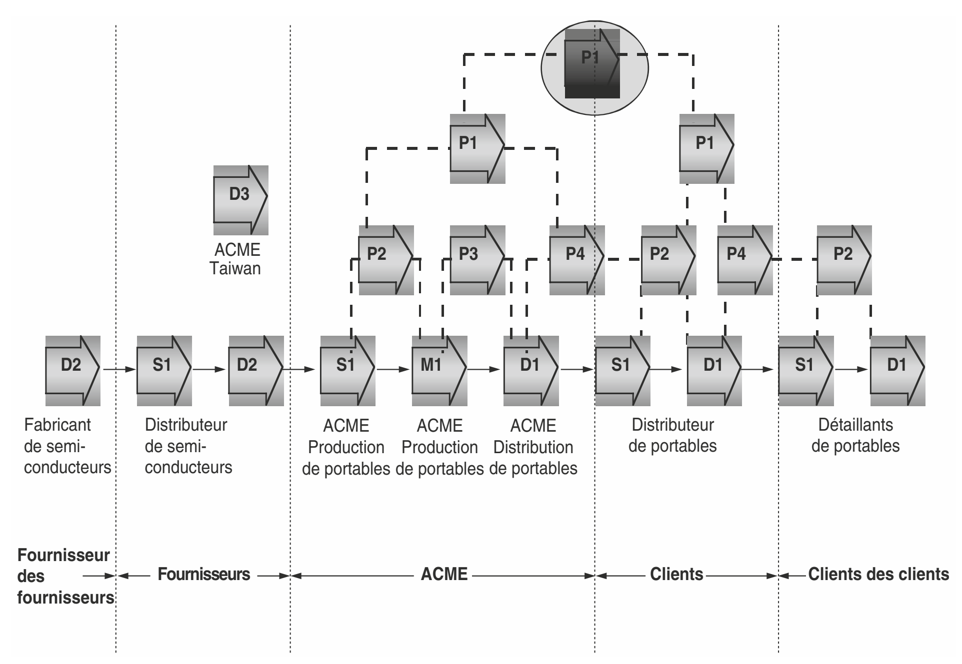


Figure 18.3 – La *supply chain* d'ACME
(© 2001 *Supply Chain Council*).

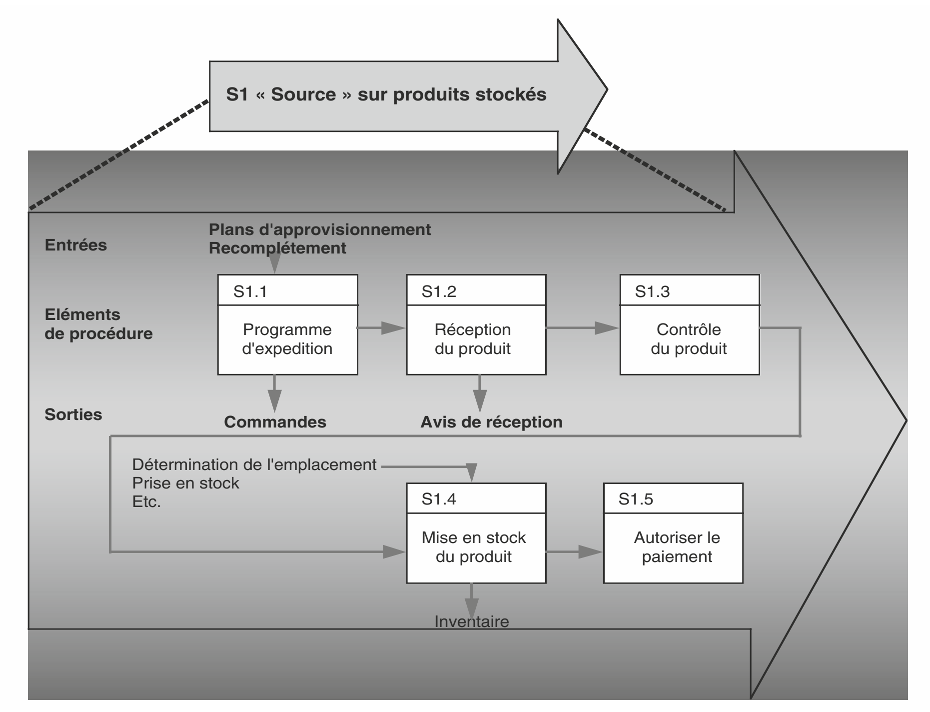


Figure 18.4 – Exemple de sous-processus de niveau 3
(exemple présenté par SCOR © 2001 *Supply Chain Council*).

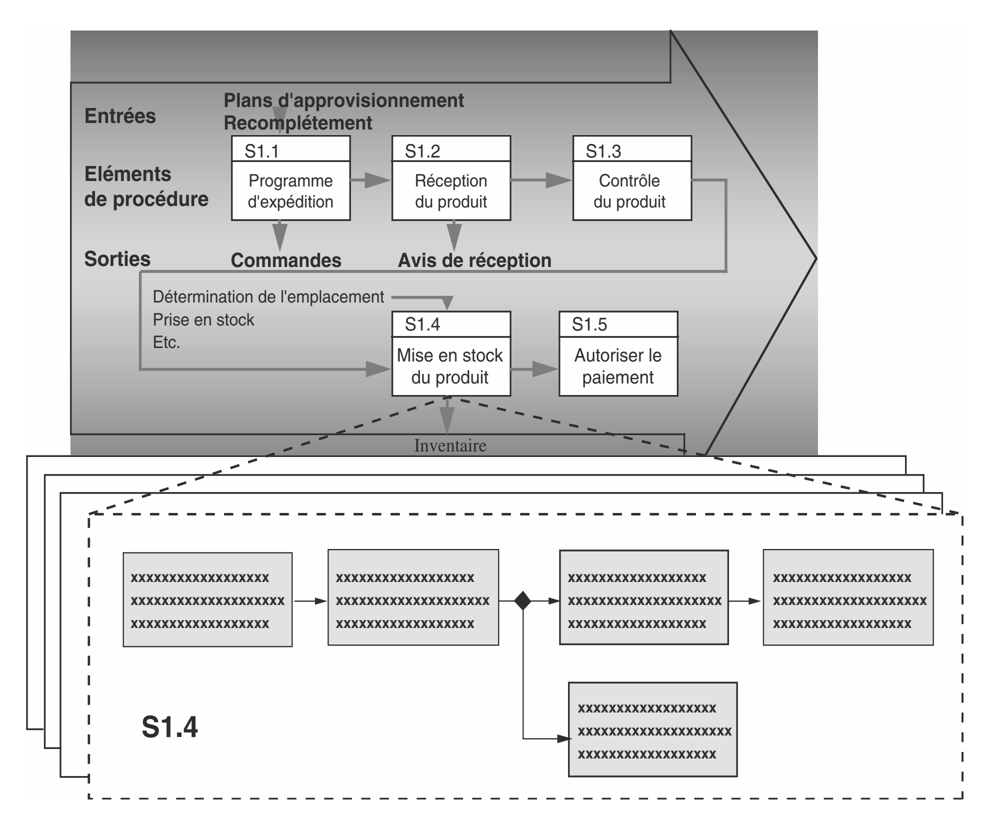
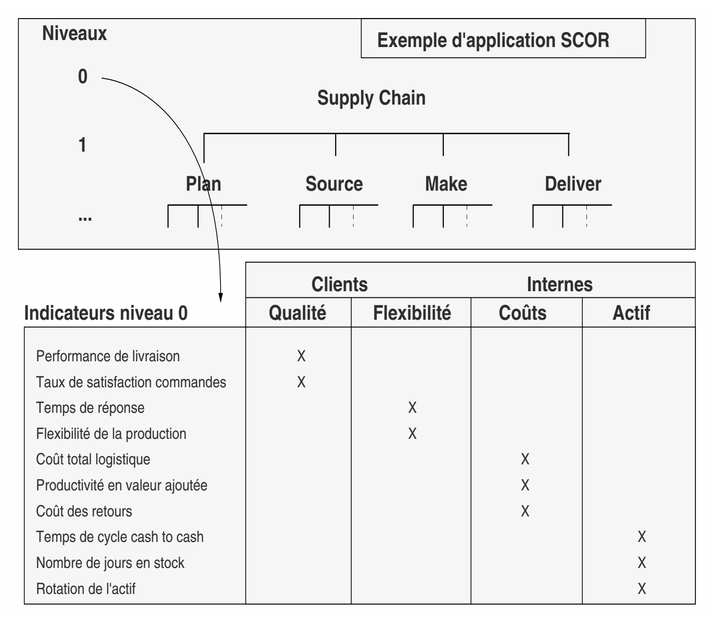


Figure 18.5 – Exemple de niveau 4
(exemple présenté par SCOR © 2001 *Supply Chain Council*).

Il est évident que SCOR n'est pas une méthode universelle qui permet de résoudre l'ensemble des problèmes d'un logisticien, mais c'est incontestablement une avancée dans le domaine de la *supply chain* en fournissant une approche transverse rigoureuse à ce qui risque d'être autrement un simple vœu d'intégration. La méthode porte en elle implicitement une approche par famille de produit à la fois marketing et logistique qui n'est pas toujours évidente. En effet, si l'on se contente de construire son modèle SCOR à partir de la représentation cartographique des flux comme on le suggère souvent, on risque de regrouper des flux de natures très différentes que l'on aurait intérêt à séparer de façon à mieux mesurer la performance de leur traitement par rapport à la demande. Il y a donc un effort important à faire pour analyser ses flux sous le double aspect de leurs caractéristiques logistiques et des demandes correspondantes. Bien entendu, on ne peut aller jusqu'à isoler chaque client et il y a un équilibre à trouver qui suppose une réflexion stratégique à laquelle il est nécessaire d'associer l'ensemble du management de l'entreprise. Il sera ensuite possible de simuler des modifications de la chaîne logistique pour certaines catégories logistico-commerciales.

SCOR est une méthode en cours d'élaboration pour laquelle il manque encore un certain nombre d'éléments et qu'il faut le plus souvent adapter. Par exemple,



Indicateurs niveau 0	Qualité	Flexibilité	Coûts	Actif
Performance de livraison	X			
Taux de satisfaction commandes	X			
Temps de réponse		X		
Flexibilité de la production		X		
Coût total logistique			X	
Productivité en valeur ajoutée			X	
Coût des retours			X	
Temps de cycle cash to cash				X
Nombre de jours en stock				X
Rotation de l'actif				X

Figure 18.6 – Indicateurs de performance du niveau 0 (© 2001 *Supply Chain Council*).

il n'existe pas encore de processus de retours et la plupart des entreprises qui traitent des flux importants de retours ont dû créer leurs propres adaptations. Mais SCOR est incontestablement, de l'avis de tous ceux qui l'ont utilisée, une méthode fédératrice qui oblige tout le monde à parler le même langage au sein de la ou des *supply chains* de l'entreprise. Le revers est que cette rigueur n'est pas nécessairement facile à obtenir. On notera cependant qu'il commence à exister des programmes de simulation informatique qui peuvent aider à modéliser son entreprise, tel celui de la société Gensym de Cambridge (Massachusetts) qui permet :

– de construire une représentation d'une *supply chain* à partir des concepts SCOR ;

– de spécifier des coûts, quantités de produits, délais, demandes, etc. ;

– de simuler le fonctionnement de la *supply chain* ;

– de mesurer la performance de la *supply chain* en utilisant les « métriques » SCOR ;

– de refaire les mêmes opérations en simulant des modifications dans la *supply chain*.

18.4 Organisation du projet

18.4.1 Assistance extérieure ou non ?

Doit-on faire appel à un prestataire extérieur pour aider l'entreprise à établir son schéma directeur logistique ? Théoriquement, ce n'est pas indispensable ;

pratiquement beaucoup de grandes entreprises y ont recours. On a vu en effet que la détermination d'un réseau optimal supposait l'utilisation d'un progiciel spécialisé souvent de programmation linéaire dont l'entreprise n'aura besoin qu'à l'occasion de l'établissement de son schéma ou exceptionnellement lors de ses révisions[1]. Bien entendu de grandes entreprises peuvent disposer de cellules de recherche opérationnelle capables de réaliser de tels modèles mais la connaissance des coûts de transport, des normes pratiques de *picking* et de manutention, des références d'autres entreprises comparables donnent un avantage aux équipes spécialisées de certains grands cabinets de conseil ou à des experts faisant autorité en ce domaine.

D'autre part les services logistiques des entreprises ont souvent pour cadre des spécialistes de la logistique opérationnelle, efficaces et compétents mais peu enclins à des réflexions stratégiques. Le responsable de la logistique qui veut établir un schéma directeur aura donc souvent tendance à s'assurer la présence d'un conseil ayant des compétences complémentaires de celles de ses chefs de service. Enfin, de tels schémas conduisent souvent à des décisions difficiles de fermeture de sites. Les responsables ont parfois tendance à se protéger en faisant appel à des experts extérieurs qui pourront parfois mieux qu'eux-mêmes exposer leur propre point de vue auprès de la direction générale...

18.4.2 Organisation de projet

La réalisation d'un schéma directeur logistique a le plus souvent besoin d'une organisation de projet avec un comité de projet et une équipe de projet. Il va de soi que la taille de l'entreprise et ses habitudes de management sont déterminantes. On ne peut indiquer ici que ce qu'on rencontre le plus souvent dans les grandes entreprises.

■ Comité de projet

Le comité de projet (ou comité de pilotage ou n'importe quel autre nom suivant les habitudes de l'entreprise) est présidé par la personne capable au sein de l'organisation d'approuver ce projet ou au moins de le présenter à la direction générale. Cette personne est entourée de ceux qui ont nécessairement leur mot à dire sur la logistique qui, par nature, est une activité transverse. Suivant le type de logistique concernée (production, distribution, soutien, etc.), on trouvera en plus du responsable logistique, des représentants de la direction de la production et/ou de la direction commerciale et/ou du marketing, du service informatique (si un tel projet a un volet informatique important), de la maintenance pour un projet de logistique de soutien, du contrôle de gestion qui peut être à l'origine d'un tel projet. Un représentant de la direction des ressources humaines est souvent indispensable pour un projet qui peut avoir un impact fort sur le personnel logistique de l'entreprise. Ce comité de projet qui représente le maître d'ouvrage par rapport à l'équipe de projet, maître d'œuvre, se réunit périodiquement. Il pilote l'opération,

1. Bien que la tendance soit à utiliser ce progiciel comme un outil stratégique permanent (B.8.1.2).

valide les résultats de l'équipe de projet, suggère d'éventuelles réorientations et décide des scénarios et options à retenir.

■ Équipe de projet

L'équipe de projet (ou cellule de projet, etc. selon les habitudes de l'entreprise) est le maître d'œuvre de la réalisation du schéma directeur. Elle peut être dirigée par un cadre de l'entreprise ou par un consultant externe. Il y a des avantages et inconvénients à chacune des deux solutions. Un consultant externe investi d'un mandat du comité de projet est indépendant de la hiérarchie de l'entreprise et des réseaux d'amitié et de relations de travail que constitue une entreprise. Il est d'autant plus à l'aise pour proposer les arbitrages délicats que représente un schéma directeur logistique entre les moyens logistiques, et particulièrement les moyens humains, d'une part, les coûts du système logistique d'autre part et enfin les objectifs de service du système logistique en termes de services à la clientèle ou à la production, etc. Il bénéficie d'autre part du prestige de tout intervenant extérieur, très diplômé, riche d'une grande expérience dans de nombreuses entreprises et payé cher. Il est soutenu en outre par celui qui est à l'origine du projet et l'a fait venir pour donner un supplément de légitimité managériale à un projet dont les conséquences sont le plus souvent en filigrane de la demande initiale.

Le chef de projet appartenant à l'entreprise joue assez souvent sa carrière sur un tel projet. Qu'il ait été recruté à l'extérieur de l'entreprise pour ses compétences logistiques ou que ce soit un cadre de l'entreprise ayant une expérience importante, il sait que le schéma directeur logistique sera pour lui un tremplin (en cas de succès, c'est-à-dire d'atteinte des objectifs en quelques années) ou une voie de garage (s'il échoue). Un cadre supérieur ambitieux, qui accepterait difficilement de consacrer plusieurs années de sa carrière à gérer un service logistique, peut au contraire trouver un « challenge » dans la remise à niveau de ce service. Sa connaissance de l'entreprise et des rapports de force entre les directions, son ambition et son expérience peuvent faire merveille... Il doit avoir une compétence et une autorité reconnue et un soutien fort de la direction. Il anime l'équipe de projet et les équipes spécialisées éventuellement nécessaires. Il doit être au moins à mi-temps sur un tel projet. Il devra par la suite participer à la mise en œuvre du schéma pendant plusieurs années de façon à pouvoir le réactualiser et constituer d'une certaine façon la mémoire stratégique de la direction logistique.

Le reste de l'équipe est normalement constitué d'agents de l'entreprise ou provenant d'un cabinet extérieur et qui effectueront, sous l'autorité du chef de projet, des travaux dans les domaines suivants :

– collecte et validation des données,

– analyse de l'existant,

– segmentation,

– prévisions,

– simulations et optimisations,

– options et description des situations cibles,

– plans de migration, etc.

Des groupes de travail souvent transverses peuvent être créés pour chacune de ces tâches.

La figure 18.7 montre la répartition des rôles des acteurs mobilisés dans le cadre d'un schéma directeur logistique.

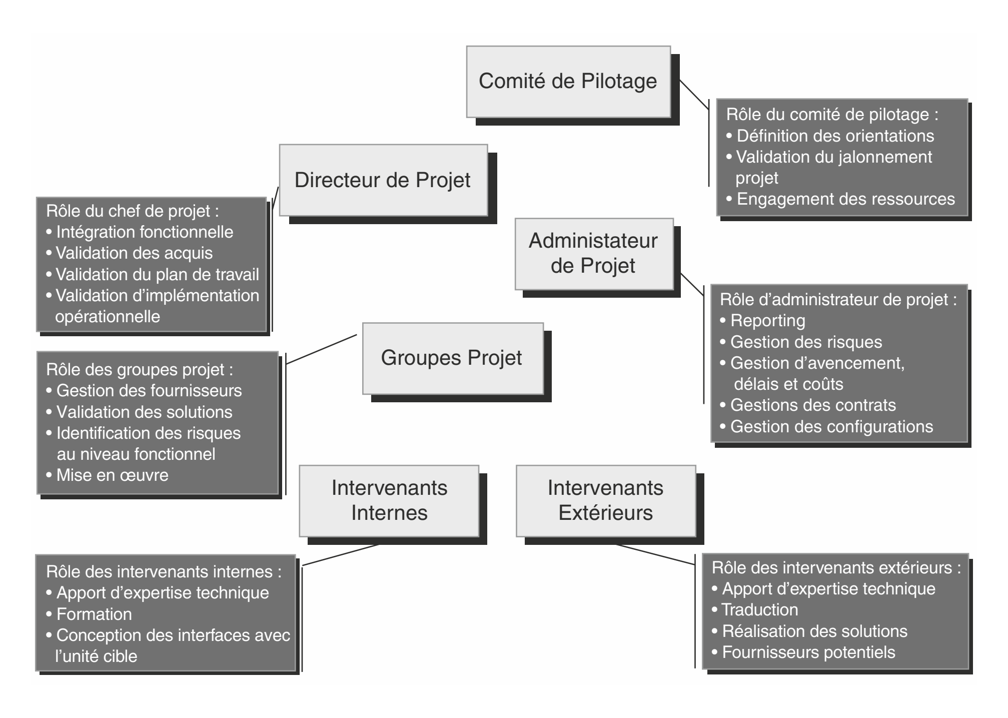


Figure 18.7

■ Les fonctions supports des projets logistiques

Il est utile de distinguer les acteurs s'impliquant dans la gestion des contenus et ceux plutôt mobilisés sur la gestion des contenants.

L'intégrateur fonctionnel et l'intégrateur opérationnel sont les deux fonctions clés associées aux contenus. La figure 18.8 donne les dimensions couvertes par les deux fonctions.

Quant aux contenants, ce sont les fonctions d'assistance à maîtrise d'ouvrage et d'administrateur de projet qui couvrent les principaux objectifs comme le montre la figure 18.9.

Opérateur fonctionnel

- Périmètre principal d'action selon le cycle de vie du projet :
  - phase de conception
  - phase de réalisation
  - phase de tests
- Missions :
  - Assurer la cohérence dans la définition des différents champs fonctionnels composants de la solution
  - Veuiller à la qualité et complétude de la réalisation et la conception des solutions pré-définies
  - Identifier et remonter les risques fonctionnels
- Risques :
  - non complétude fonctionnelle

Opérateur opérationnel

- Périmètre principal d'action selon le cycle de vie du projet :
  - phase de formation
  - phase de mise en œuvre
  - phase de montée en charge
- Missions :
  - Assister le chef de projet opérationnel dans sa mission de définition :
    - du scénario de fonctionnement de la solution logistique en activité,
    - des scénarios de transition et des solutions de secours
    - du plan opérationnel et de montée en charge
  - Identifier et remonter les risques opérationnels
- Risques : risque d'intégration

Figure 18.8 – Fonctions des opérateurs fonctionnel et opérationnel.

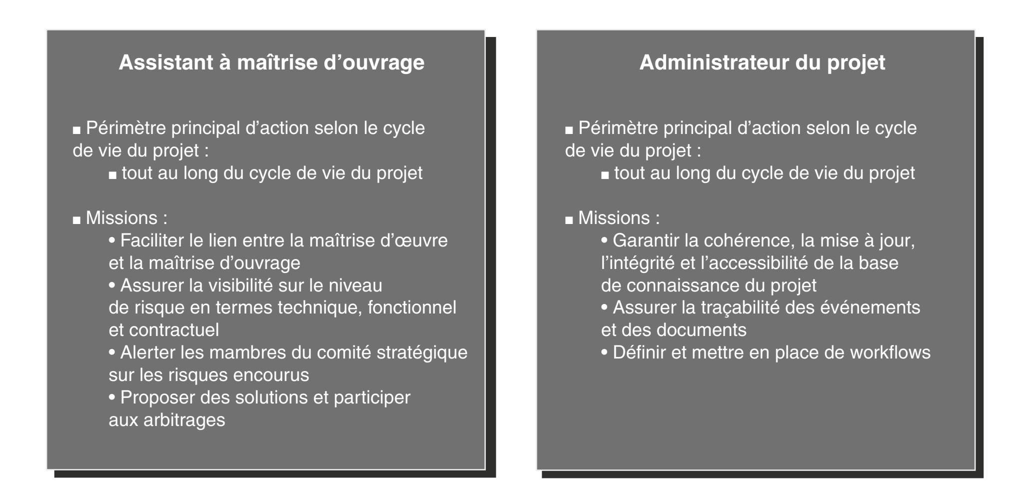


Figure 18.9 – Fonctions de l'assistant à maîtrise d'ouvrage et de l'administrateur du projet.

18.5 Étapes

18.5.1 Lancement du projet

Dans le cas où l'on doit recourir à un consultant extérieur, il importe de le choisir avec soin. Il doit avoir une expérience confirmée en ce domaine et

disposer des progiciels nécessaires. On aura tout intérêt à en consulter plusieurs car les coûts d'intervention et la qualité des prestations peuvent être extrêmement différents selon les consultants. L'importance des références antérieures est fondamentale. Il faut donc s'assurer, avant tout choix, que le consultant que l'on choisit a déjà effectué un ou plusieurs schémas directeurs logistiques dans des entreprises comparables. Pour chaque intervention citée en référence, il doit pouvoir donner le nom et le numéro de téléphone d'un cadre de cette entreprise où il est intervenu, cadre qui acceptera de répondre à des questions sur cette intervention. On se fera expliquer ensuite en détail le fonctionnement du progiciel proposé avec les données qu'il conviendra d'y faire entrer, les fonctions assurées et les résultats que l'on peut en attendre. Il n'est malheureusement que trop fréquent que l'on choisisse un cabinet de consultant sur la bonne impression d'une réponse écrite à consultation et quelques entretiens sans vérifier chacune des références indiquées et chacune des caractéristiques du logiciel proposé. Le manque de professionnalisme dans le choix d'un consultant a malheureusement un coût d'autant plus élevé qu'il porte sur la qualité de la prestation, donc du schéma et finalement de la logistique de l'entreprise sur plusieurs années.

Avec ou sans consultant extérieur et s'agissant d'une opération transverse, le projet de réalisation du schéma directeur doit faire l'objet d'une décision de la direction générale précisant les objectifs du projet, sa durée, le responsable du projet et la composition et les responsabilités du comité de projet. Les moyens financiers éventuellement nécessaires doivent être libérés.

L'équipe de projet doit préparer un planning de déroulement de la réalisation du schéma en distinguant les différentes phases, leurs délais, les moyens à mettre en œuvre, les résultats de chacune de ces phases et les décisions qui seront alors à prendre par le comité de projet. Ce plan de travail doit ensuite être présenté au comité de projet et approuvé.

Une des options importantes qu'il convient de lever dès cette étape est l'implication que l'on attend des services logistiques existants. La perspective d'un nouveau schéma directeur logistique est souvent inquiétante pour le personnel qui peut craindre des décisions de fermeture d'établissements, de suppression d'emplois et de toutes façons de modifications des procédures, des habitudes, des horaires de travail, etc. On peut vouloir réaliser ce schéma directeur avec discrétion. On peut aussi vouloir impliquer les cadres de la logistique et même les autres personnels à une action pour laquelle on souhaite qu'au-delà du schéma lui-même, ils mènent les améliorations proposées avec dynamisme et motivation. Or un des meilleurs moyens de motiver un agent à la mise en œuvre d'une décision est de l'avoir associé d'une façon ou d'une autre à la prise de décision. Il y a donc là une option importante pour la réalisation d'un schéma directeur et qui doit être levée dès son origine afin de l'organiser en fonction de cette option.

18.5.2 Analyse de l'organisation actuelle et des coûts

La mise à plat du système logistique actuel, lorsqu'il y en a un, est une des premières tâches à réaliser. Le système logistique actuel va en effet jouer un quadruple rôle pour la réalisation d'un schéma directeur logistique.

1. L'infrastructure existante, les personnels de la logistique, le système informatique existant, l'organisation et les procédures ne peuvent être ignorées. Ils serviront de point de départ à toute migration vers une autre organisation éventuelle. Cette migration devra tenir compte de ce qui existe. Pour effectuer un premier diagnostic rapide, on peut utiliser différents référentiels logistiques qui s'appuient le plus souvent sur des questionnaires du type référentiel qualité permettant de mettre des points en fonction de réponses à des questions sur les procédures logistiques de l'entreprise. Il permet de déterminer au moins grossièrement les points forts et les points faibles des procédures logistiques, même s'il n'existe pas de base statistique à l'origine d'un tel référentiel et si donc l'on ne peut pas se comparer aux autres entreprises.

2. Le système logistique actuel a un coût. Le futur système devra avoir éventuellement un coût inférieur si l'on cherche, ce qui est le plus souvent le cas, à réduire les coûts. Or le coût d'un système logistique n'existe pas en tant que tel ou tout au moins il n'existe qu'à travers des définitions comptables à un certain horizon. On peut décider d'évaluer le coût financier d'un stock à 5 % par an du coût du stock moyen y compris ou non les frais d'achat et de stockage. Mais on peut choisir aussi bien 15 %. C'est une décision sur laquelle nous reviendrons.

Le délai d'amortissement d'un matériel est une convention fiscale. On peut imputer ou non sur un entrepôt des frais de siège à un taux ou un autre. Si un coût global de la logistique n'a pas de sens, on peut en revanche mesurer des différences de flux de dépenses pendant une période de temps et avec certaines conventions à partir d'une situation de référence qui est la situation actuelle[1]. (Tout cela ne signifie pas qu'il est impossible de comparer les coûts logistiques de deux entreprises, mais qu'il faut les comparer avec une très grande prudence.)

On pourra réutiliser des données issues des pratiques actuelles, par exemple les règles de facturation des transporteurs avec qui on travaille déjà, mais il n'est pas sans intérêt de procéder à un examen de ces données par comparaison par exemple avec une base de données de coûts de transports telle qu'en gèrent certains cabinets de consultants.

3. Il existe, dans le système actuel, un certain potentiel de progrès même sans modification du réseau. Il est indispensable de bien mesurer ce potentiel. Si le nombre de lignes de commande traitées chaque jour par chaque agent de *picking* d'un entrepôt est très inférieur à ce qu'il est pour des matériels et des expéditions comparables dans la moyenne des entrepôts, il ne faudrait pas garder le ratio actuel comme base du rendement du futur système, mais commencer à chercher pourquoi ce ratio est si faible et comment on peut l'améliorer raisonnablement. même si on ne changeait pas la structure du réseau. Ce sera l'objet de la phase « *Benchmarking* et études d'optimisation ».

On notera que dans une grande entreprise, il existe toujours des projets d'amélioration en cours ou des études sur ce thème à l'intérieur des services logistiques. Il est évident que l'équipe de projet doit s'approprier cette expérience en tenant le plus grand compte des études qui n'ont pas débouché sur

1. Voir sur les principes de définition de coûts industriels et de coûts logistiques en particulier, le paragraphe 16.5.

des réalisations ou des projets qui n'ont pas réussi. Il y a souvent des raisons implicites ou explicites à ces échecs et il est important de les identifier pour ne pas les répéter.

4. La quatrième raison pour laquelle cette étude de la situation actuelle est importante est qu'elle va servir à « calibrer » ou à « caler » le modèle que l'on utilisera dans les scénarios concernant l'avenir. De la même façon qu'en prévision à court terme, on commence par tester le modèle que l'on a paramétré de l'évolution d'un article sur le proche passé avant de l'extrapoler à l'avenir, on ne peut utiliser un modèle sans l'avoir appliqué à la situation actuelle afin d'en vérifier la pertinence. Ce sera l'objet de la phase « Modélisation et calibration du modèle ».

Les données à recueillir sont de diverse nature ; en voici un exemple pour un schéma fournisseur / entrepôts stockeurs / plates-formes / clients sans retours ni livraisons directes avec transports sous traités :

– caractéristiques des segments en termes de lois de consommation, taux de service, volume, poids, etc. ;

– localisation des fournisseurs ;

– localisation des entrepôts stockeurs ;

– localisation des plates-formes ;

– analyse des flux fournisseurs/entrepôts par segment ;

– conditions des marchés passés avec les fournisseurs (délais, prix selon quantités, etc.). Il va de soi que les livraisons franco doivent être décomposées pour déterminer un coût de transport ;

– tarification et coûts des transports fournisseurs/entrepôts ;

– moyens en locaux, personnel et matériel et coûts associés des entrepôts y compris assurances, impôts, taxes, divers ;

– ratios de traitement des flux par segments et par entrepôt (par exemple réception, entrée palettier, sortie palettier, *picking*, contrôle, emballage, expédition, autres) ;

– analyse des stocks moyens par segment et entrepôt stockeur ;

– analyse des flux entrepôts stockeurs/plates-formes par segment ;

– tarification et coût des transports entrepôt/plates-formes ;

– moyens en locaux, personnel et matériel et coûts associés des plates-formes, y compris assurances, impôts, taxes et divers ;

– ratios de traitement des flux par segments et par plates-formes (par exemple réception, expédition, autres) ;

– tarification et coûts des transports « tournées » plates-formes-clients ;

– coûts informatiques et règles d'imputation aux unités de segment ;

– coûts de structure et règles d'imputation aux établissements et segments ;

– règles d'évaluation des coûts financiers de stock ;

– règles d'évaluation des coûts d'obsolescence par segment, etc.

Le recueil de ces données doit se faire à travers beaucoup de services différents de l'entreprise et risque de traîner en longueur, même si une grande partie d'entre elles sont extraites des différents fichiers informatiques. Le

soutien de la direction générale et le respect d'un planning très strict sont des conditions du succès.

18.5.3 Segmentation, objectifs et analyse prévisionnelle de la demande

Un schéma directeur logistique repose sur des prévisions à moyen terme (2 à 5 ans et parfois plus). Ce sont bien évidemment des prévisions de besoins. Si l'entreprise n'a que peu de produits – mais c'est une situation de plus en plus rare – ou d'articles à gérer, on peut établir une prévision pour chacun des articles. Il est bien évident cependant que cela va multiplier les calculs et s'il y a beaucoup d'articles (plusieurs milliers par exemple), on n'est pas capable de traiter un modèle de programmation linéaire incluant autant d'articles. Il va donc falloir segmenter la demande en un certain nombre de catégories d'articles ayant des caractéristiques communes :

– mêmes catégories de tailles et/ou de poids avec les mêmes modes de manutention (palettes, colis, etc.) – de façon à pouvoir utiliser les mêmes normes de facturation de transport et de manutention ;

– même profil de demande en taux de service, tendance, variations saisonnières, loi de consommation et écart-type de façon à pouvoir en déterminer les stocks avec les mêmes règles de paramétrage ;

– même types d'utilisateurs internes et même délais de livraison ; la demande d'un certain article pour des travaux programmés à 15 jours n'est pas la même que les demandes d'un même article pour des besoins de maintenance à quelques heures ;

– même ordre de grandeur de valeur unitaire ;

– même délai et même mode d'achat et d'approvisionnement auprès des fournisseurs ;

– essentialités ; etc.

On peut parfois distinguer des familles logistiques amont (ayant des caractéristiques communes vis-à-vis des fournisseurs) et aval (ayant des caractéristiques communes vis-à-vis de la demande) d'autant que les unités de transport, de stockage et de délivrance peuvent être différentes pour de mêmes articles en amont (palette par exemple) et en aval (colis par exemple). Il faut cependant être capable d'assurer dans le modèle les transitions entre les familles logistiques amont et aval.

Un des points les plus délicats est de déterminer la qualité du service que l'on veut assurer et particulièrement le délai de livraison à tenir par segment produit/client. Le point important n'est pas de déterminer ce que veut le client en termes de délai de livraison (il sera tenté de vouloir des délais très courts satisfaits à 99,9 % …), mais ce qu'il est prêt à payer pour la qualité du service. De celle-ci, dépend :

– le niveau des stocks et leurs emplacements,

– les modes de transport et donc leurs coûts (avion, messagerie, affrètement, etc.).

Ce travail de segmentation n'est pas simple mais de lui dépendra une partie de la qualité des résultats. Il est évident que les informations concernant la

période de référence (flux et stocks) doivent être agrégés par segment pour pouvoir être réutilisés ensuite lors de la calibration du modèle.

Une autre difficulté de cette prévision est qu'il s'agit d'une prévision à moyen terme et que les méthodes de prévision du court terme – celles que l'on utilise par exemple en gestion des stocks – sont sans valeur sur des périodes de plusieurs années. Les gestionnaires de stock ou acheteurs sont donc peu armés pour de telles prévisions et il faut s'adresser aux spécialistes du marketing ou de la planification stratégique de l'entreprise. Si l'entreprise dispose déjà d'une planification stratégique à moyen terme, une part importante du travail sera fait. Sinon, il faut réunir un groupe de travail capable d'étudier la segmentation des produits et leur prévision à moyen terme. Un spécialiste de la prévision à moyen terme, capable de rechercher les variables exogènes significatives, sera le bienvenu à l'intérieur de ce groupe. Assez souvent, les difficultés que l'on rencontre à prévoir les flux à moyen terme obligent à bâtir des scénarios alternatifs.

En ce qui concerne les clients – ou consommateurs des produits – qu'ils soient internes ou externes, il est nécessaire de segmenter cette clientèle au moins par région pour pouvoir associer entrepôts ou plates-formes et consommateurs.

18.5.4 Modélisation et calibration du modèle

Le schéma logistique actuel doit être introduit dans le modèle quel que soit sa nature (programmation linéaire, simple modèle comptable, etc.).

On introduit les formules d'évaluation des coûts et les paramètres correspondants. À partir de là, on va obtenir un budget « base 0 » appelé aussi « baseline » pour la période de référence – assez souvent l'année précédente – budget qui représente le budget actuel. Ce budget peut être très différent des présentations budgétaires habituelles du service, mais il doit pouvoir être recoupé avec les données dont on dispose pour vérifier la « calibration » du modèle. À ce stade, il n'existe encore aucune optimisation ni par le modèle, ni par le jeu d'améliorations envisagées par des modifications de paramètres.

Le modèle doit pouvoir déterminer les divers coûts (coûts des stocks, coûts de transport, coûts de manutention, préparation des envois, expédition, gestion) à partir de règles qu'il convient de préciser avec soin. Ces règles pourront être revues à la suite de la phase de *benchmarking* et d'optimisation. Nous donnons ici quelques exemples de méthodes utilisées en sachant qu'elles n'ont qu'une valeur d'exemples de réalisation possible.

■ Coûts de stockage

En ce qui concerne les coûts des stocks, il convient que le modèle détermine le niveau nécessaire de chaque stock puis le coût de chacun de ces stocks. On pourra par exemple considérer trois stocks en valeur :

– un stock de sécurité,

– un stock de transit,

– un stock outil.

Les stocks de transit peuvent être évalués comme un certain nombre de jours de consommation correspondant à un délai de livraison. Si l'on éclate un stock en plusieurs de même niveau, ce stock total de transit ne changera pas.

Les stocks outils sont des stocks moyens entre deux réapprovisionnement, non compris le stock de sécurité, en supposant que ces réapprovisionnement sont suffisamment réguliers sur la période de calcul. Ils ne dépendent que du délai moyen retenu entre deux commandes ; c'est donc la moitié de la consommation entre deux réapprovisionnements :

$$S_0 = \frac{C \times p}{2}$$

où S_0 est le stock outil, C la consommation de la période et p la périodicité des commandes.

La périodicité des commandes est alors une variable que l'on peut se fixer compte tenu de l'expérience accumulée, solution préférable à une détermination par une formule de Wilson toujours discutable.

Si l'on éclate ce stock en plusieurs de même niveau, ce stock outil total ne changera pas.

Le stock de sécurité, si on l'optimise avec la formule classique en considérant que la distribution de la consommation est normale, est donné pour chaque stock par la formule :

$$SS = k \times M \times C \times \sqrt{d}$$

où SS est le stock de sécurité, k le coefficient correspondant au taux de service choisi, M l'écart-type (ou valeur MAD) pour la catégorie d'articles et le stock considéré, C la consommation de la période pour le stock considéré et d le délai moyen de réapprovisionnement.

Le délai moyen de réapprovisionnement est le délai actuel, mais il pourra être intéressant d'étudier la sensibilité du modèle à sa réduction ou son allégement pour une éventuelle négociation avec les fournisseurs. On prendra garde que le coefficient k n'est pas le taux de qualité de service attendu et que l'on peut obtenir grâce à une bonne gestion au jour le jour un taux de qualité de service supérieur au taux de service.

Très souvent, on ne connaîtra pas ces paramètres par stock puisque le but de la simulation est justement de tester successivement les différents nombres de magasins de même niveau possibles.

On peut alors calculer un stock de sécurité global pour l'ensemble des magasins si les différents magasins ont des consommations à peu près réparties avec :

$$SS = k \times M \times C \times \sqrt{n} \times \sqrt{d}$$

où SS est le stock de sécurité pour l'ensemble des magasins, k le coefficient correspondant au taux de service choisi, M l'écart-type (ou valeur MAD) pour la catégorie d'articles et l'ensemble des consommations comme s'il n'y avait qu'un seul stock, C la consommation de la période pour l'ensemble des magasins, n le nombre de magasins et d le délai moyen de réapprovisionnement.

Il est nécessaire de calculer l'écart-type de l'ensemble des consommations au moins sur un échantillon représentatif. Ce facteur est important car c'est le seul qui va faire varier le stock total en fonction du nombre de magasins du système. Ce n'est évidemment pas une fonction linéaire mais si l'on en veut une, l'expérience montre qu'entre un certain nombre de magasins on peut ajuster une droite de régression avec une bonne approximation. Il faut prendre garde cependant à ne pas sortir des limites de l'ajustement.

Pour la calibration du modèle sur la situation actuelle, il n'est pas toujours facile de répartir le stock actuel entre les trois types de stock ; la solution la plus simple consiste à considérer que le stock de transit et le stock outil sont ce qu'ils doivent être, compte tenu des paramètres utilisés et que la différence avec le stock réel constitue le stock de sécurité dont on pourra alors déterminer le paramètre théorique *k*. Avant cette répartition, on prendra soin cependant de diminuer ce stock des « rossignols » dont le coût de liquidation devront intervenir fictivement dans le coût d'obsolescence (voir *infra*). Les coûts de stock dépendent ensuite :

– du coût financier d'immobilisation du stock,

– du coût d'obsolescence,

– du coût de stockage.

Le coût de stockage peut être un élément du coût d'un magasin et l'on peut donc faire entrer le volume du stock moyen par magasin comme un paramètre de ce coût.

Le coût financier sera en général pris comme le taux d'actualisation de l'entreprise. On se souviendra des remarques faites à cet égard sur les taux d'actualisation (C.10.5) à propos du coût de cycle de vie. Le coût d'obsolescence dépend étroitement des types de produits concernés et de leur gestion. On ne peut le connaître que par expérience en s'assurant que les stocks actuels ne comportent pas une quantité importante de stocks morts qui auraient dû faire l'objet de prévisions. Il faudra ensuite se demander lors de la phase de *benchmarking* et d'étude d'optimisation si on ne peut pas l'améliorer par une meilleure gestion du stock et des prévisions.

■ Coûts de transport

Pour calculer les coûts de transport, il faut trouver une méthode de calcul qui permette de déterminer les coûts actuels de transport tels qu'ils résultent de la comptabilité analytique et qui puisse s'adapter aux transports envisagés par le modèle. S'ils sont déjà sous-traités il sera relativement facile d'établir une formule de coût permettant de tenir compte des variations de volumes sur les différents segments. S'ils ne le sont pas, il est possible soit d'envisager une modification des moyens nécessaires et donc des coûts par paliers, soit de faire comme si ces coûts étaient sous-traités, quitte à introduire un coefficient supplémentaire pour la calibration du modèle sur la situation actuelle.

À titre d'exemple, la linéarisation de ces coûts de transport pour un programme linéaire pourrait être réalisée par une formule de ce type pour les transports de tournée :

$$y = ax + bxd$$

où *y* est le coût du transport pour ce type de matériel et à partir d'une plate-forme de distribution pendant la période, *x* la quantité annuelle en tonnes délivrée à partir de cette plate-forme ; *a* et *b* les paramètres propres à cette catégorie de matériels et fonction du type de camion utilisé, du coût de son utilisation, du volume de ce matériel et du taux de chargement réalisable, *d* la distance moyenne de la plate-forme aux points de livraison. Bien évidemment c'est cette distance qui va modifier les coûts en fonction du nombre de plates-formes. Elle peut être calculée par le modèle ou on peut la déterminer empiriquement en fonction de la connaissance que l'on a du territoire et de la densité des points de livraison. L'ajustement de *a* et *b* est un point clef d'un tel calcul.

■ Coûts des centres logistiques

Les coûts des centres logistiques actuels peuvent être déterminés par une approche de comptabilité analytique avec toutes les hypothèses que cela implique. On devra cependant les faire varier en fonction de leur importance et, comme il s'agit de charges fixes et variables, il faudra le plus souvent les calibrer dans certaines limites d'activité et donc de taille avec des moyens fixes et d'autres proportionnels aux tâches de manutention, *picking*, préparation, etc.

18.5.5 *Benchmarking* et étude d'optimisation

Cette phase aurait pu être réalisée avant la modélisation et peut donc être commencée aussitôt après la phase de segmentation. La phase de calibration peut cependant conduire à remettre en cause certaines segmentations ou certaines de données de performance ou de coût et il est logique de placer l'optimisation de la situation actuelle à cette place.

Il est tout d'abord possible de comparer les résultats des divers établissements de l'entreprise (entrepôts, plates-formes, etc.) : c'est ce qu'on appelle le *benchmarking* interne qui permet normalement de faire émerger les meilleures pratiques (celles qui apportent les meilleurs résultats).

On comparera aussi les coûts par segments (coût par unité de chaque segment) pour analyser les différences et déterminer des possibilités de gains par exemple en modifiant certaines contraintes non nécessaires.

Il est aussi possible de comparer les ratios de performance et de coût avec ceux d'autres entreprises, pas nécessairement d'entreprises concurrentes mais d'entreprises qui maîtrisent bien les procédures logistiques dans un environnement comparable.

On va ensuite rechercher toutes les possibilités d'amélioration de la situation actuelle sans modification du schéma logistique. L'application des meilleures procédures de certains établissements à tous les établissements pourrait être déjà une voie de progrès important. Des actions d'amélioration à faibles investissements, des modifications d'horaires, peuvent améliorer qualité de service ou coûts. Il va de soi qu'il est possible au cours de cette phase de remettre en cause les contraintes que l'on s'est donné par segments de produits et de clientèles. Ces contraintes doivent être appréciés à travers une sorte d'« analyse de la valeur » pour juger de leur adéquation aux besoins et aux coûts qu'elles induisent.

Des possibilités importantes d'amélioration de la rentabilité des installations logistiques, résident dans l'automatisation des fonctions de tri et de préparation des expéditions. De tels systèmes représentent des investissements souvent

élevés de dizaines de millions de francs, mais il n'est plus possible de ne pas les envisager dans un schéma directeur logistique actuel. Ils doivent donc être envisagés comme des éventualités aussi bien pour l'amélioration des installations actuelles que dans les scénarios de nouveaux schémas logistiques.

Les actions d'optimisation sans investissements importants peuvent jouer un grand rôle car, à elles seules, elles peuvent conduire à améliorer la qualité du service et/ou diminuer substantiellement les coûts avant même que le changement éventuel de structure du réseau logistique ne soit mis en œuvre, ce qui peut prendre parfois plusieurs années.

18.5.6 Constitution de scénarios

La constitution des scénarios à tester est la phase particulièrement délicate de la réalisation du schéma. Les phénomènes d'explosion combinatoire interdisent en effet de prendre en compte toutes les possibilités d'une situation pour rechercher le scénario optimal. Il est donc nécessaire, dès la constitution des scénarios, de rechercher une certaine optimisation. Les principales variables qui permettent de déterminer des scénarios sont :

– les hypothèses de prévision qui peuvent être elles-mêmes des hypothèses de planification stratégique traduites en termes d'hypothèses de demande par segment quantitativement et qualitativement (délais, taux de service, etc.) ; il est fréquent que l'on doive tester chaque scénario à travers plusieurs hypothèses de demande, mais l'on peut aussi rattacher certains scénarios seulement à chaque hypothèse de demande ;

– le nombre et l'emplacement des entrepôts et plates-formes, y compris des entrepôts-plates-formes car les livraisons de certains segments vers certaines clientèles peuvent se faire directement depuis le fournisseur ou depuis un entrepôt stockeur alors que certaines plates-formes peuvent stocker certains segments. Les localisations dans certains scénarios peuvent être prédéterminées par des analyses de barycentres ;

– le degré de sous-traitance dans les transports ;

– le degré de sous-traitance dans la gestion des entrepôts et plates-formes ;

– des hypothèses d'objectifs logistiques en termes de fréquence de livraisons, taux de service, délais des livraisons urgentes, etc. ;

– des possibilités d'avantages fiscaux ou de subventions dans le cas de certaines localisations.

Derrière ces facteurs de détermination de scénarios, se profilent des arbitrages explicites ou implicites entre :

– la préférence entre des scénarios à faible investissement (et coûts forts) ou des scénarios à fort investissement (et coûts faibles). Cette préférence n'est pas indépendante des hypothèses de degré de sous-traitance ;

– la préférence entre le service apporté au client et le coût de ce service ;

– la préférence entre la maîtrise complète de son réseau logistique et la suppression de ce qui n'est pas le métier propre de l'entreprise ;

– la préférence entre le maintien d'emplois pour les salariés de l'entreprise ou la suppression de ces emplois localement (avec possibilités de transfert) ou au niveau de l'entreprise (reconversion ou licenciement) ;

– la volonté ou non d'externaliser une partie de l'activité logistique pour créer une concurrence à l'activité logistique interne. Une telle démarche peut aller jusqu'à constituer le service logistique en une filiale appelée à travailler pour d'autres entreprises à un certain horizon.

Rien de tout cela n'est neutre et l'on comprend que les scénarios proposés doivent impérativement recevoir l'aval du comité de projet avant même d'être modélisés.

18.5.7 Modélisation et analyse du résultat des scénarios

La modélisation des scénarios consiste à introduire dans le modèle les paramètres représentatifs d'un scénario et à obtenir par calcul les coûts totaux du scénario prévu pour chacune des périodes de calcul du modèle. Certains modèles sont cependant monopériode et demandent un passage particulier pour chaque période ; d'autres au contraire permettent d'enchaîner plusieurs périodes successives.

Les résultats de ces modélisations sont des tableaux de coûts et de niveau de stock qui demandent à être interprétés. Il ne suffit pas en effet de comparer des coûts globaux pour choisir un scénario. Les éléments suivants peuvent être pris en considération en outre de la définition même du scénario :

– ratio coûts/consommation ou CA selon les habitudes de l'entreprise ;

– analyse détaillée des coûts – importance des investissements nécessaires (création de nouveaux sites, rénovation, agrandissement et automatisation d'entrepôts, fermeture de sites avec déduction éventuelle des reventes de locaux, matériel, formation du personnel, reconversions, etc.) ;

– niveau des prestations assurées (délais et fréquences, taux de qualité de service, procédures d'urgence, service après vente, etc.) ;

– risques de ruptures de stock. Il s'agit là d'une analyse complémentaire du choix de taux de service pour évaluer les conséquences du scénario sur non seulement la fréquence des ruptures de stock ou retards, mais encore les impacts de ces ruptures et retards qui peuvent être différents selon les scénarios ;

– risques vis-à-vis du personnel interne ou externe (impact d'une grève) ;

– risques vis-à-vis du ou des partenaires (impact du dépôt de bilan d'un sous-traitant) ;

– risques physiques (par exemple, conséquences d'un incendie ou d'un blocage des routes à la suite de mouvements sociaux ou d'inondations) ;

– facilité et délais de mise en œuvre de chaque scénario :

• modifications nécessaires du système informatique (possibilités, coûts, délais, risques) – cet aspect informatique du schéma peut devenir très important compte tenu des délais et des coûts de la mise en place d'un grand système d'informatique logistique même à travers l'utilisation de progiciels. Il suppose parfois la création d'un groupe de travail *ad hoc* qui aura pour rôle d'évaluer les conséquences de la mise en place de chacun des scénarios sur le système informatique de l'entreprise ;

• difficultés de mise en œuvre du volet social du scénario (coûts, délais, risques) – c'est un point clef des politiques d'externalisation mais aussi de toute modification importante d'organisation ;

• délais techniques de mise en place ;

– capacité à revenir en arrière dans le cas de changements environnementaux drastiques ou de non réalisation des prévisions de volume ;

– conséquences indirectes du scénario :

• sur la politique d'achats et de relations avec les fournisseurs – cet élément peut devenir primordial dans le cas d'un schéma directeur motivé par une mise en place du juste-à-temps avec les fournisseurs (avec ou sans EDI) ;

• sur la politique commerciale – en dehors des aspects quantitatifs du niveau des prestations assurées, le schéma directeur peut tendre à créer de nouvelles relations avec les clients à travers l'ECR ou la mise en place d'un système EDI ;

• sur l'organisation de la production quand il s'agit de logistique industrielle ;

• sur le climat social de l'entreprise.

18.5.8 Études de sensibilité

Chaque scénario représente un choix d'organisation, mais aussi un faisceau d'hypothèses sur la demande, les coûts, les capacités des hommes et de l'organisation à atteindre certains objectifs, etc. On a vu que, en ce qui concerne les prévisions de la demande à moyen terme, il était souvent prudent de tester chaque scénario avec plusieurs hypothèses.

On peut généraliser ces études de sensibilité pour connaître l'impact sur les scénarios les plus intéressants de la modification d'une variable. On peut craindre en effet que l'optimisation obtenue soit supprimée par la modification ultérieure d'un ou plusieurs facteurs. Il s'agit de déterminer ce qui se passe si, par exemple :

– les coûts de transport augmentent de 100 % voire de 200 %,

– la consommation d'un produit augmente ou diminue d'un certain pourcentage,

– tel changement de fournisseurs, par exemple remplacement par un ou plusieurs fournisseurs étrangers, modifie les localisations,

– des changements surviennent dans la localisation de la demande (perte de certains clients importants, développement des ventes dans certaines régions, etc.), etc.

18.5.9 Définition de l'organisation cible

Il arrive un moment où l'on doit choisir une organisation cible à partir du ou des scénarios jugés les plus intéressants. C'est une décision qui appartient bien évidemment à la direction générale et c'est le rôle du comité de projet de faire des propositions à partir des travaux du groupe de projet. La proposition peut être entre plusieurs scénarios ou entre plusieurs variantes d'un même scénario, mais elle doit toujours être accompagnée d'une analyse avantages-inconvénients de chacune des solutions proposées.

Les facteurs clefs de succès de chacune des solutions doivent être définis ainsi que les délais prévisibles de mise en place compte tenu des facilités ou difficultés des migrations à réaliser.

18.5.10 Plan de migration

Le plan de migration n'est pas la partie la plus facile d'un schéma directeur logistique ; c'est aussi une des plus importantes. Les tâches précédentes ont permis d'aboutir à une organisation cible par une approche rationnelle. Certains responsables logistiques pensent que l'on peut s'épargner une démarche aussi structurée et coûteuse. Pour eux, la structure cible peut être déterminée simplement à partir de l'observation de ce que font les entreprises les plus performantes et du bon sens. Il n'en reste pas moins que les étapes précédentes du schéma ont une valeur de démonstration et de détermination précise d'objectifs raisonnables. Les *blue-sky approach*, comme disent les Américains[1] ne permettent pas d'évaluer exactement ce que l'on va gagner et perdre, mais l'on peut concevoir que l'on étudie seulement les scénarios qui paraissent les plus évidents par un examen de ce que font les entreprises les plus performantes, particulièrement parmi les concurrents.

La difficulté est de mettre en œuvre cette nouvelle organisation en partant de la situation actuelle. Là encore plusieurs hypothèses sont possibles :

– On peut vouloir mettre en place la nouvelle organisation dans un temps minimal sans étapes intermédiaires, ou au contraire procéder par étapes sur plusieurs années de façon à se laisser le temps de résoudre des problèmes difficiles (volet social du changement, mise en place d'un nouveau système informatique, amélioration progressive des performances par des actions de soutien, négociation de contrats de sous-traitance etc.).

– Dans le second cas, on doit se demander si le schéma directeur cible doit être connu à l'intérieur de l'entreprise ou doit rester une vision à moyen terme de la direction générale seule. Bien entendu, la façon dont les études de ce schéma directeur logistique ont été menées à l'intérieur de l'entreprise n'est pas neutre vis-à-vis de cette option.

– Il apparaît assez souvent plusieurs options de migration vers la structure cible, options entre lesquelles la direction générale devra choisir en fonction des priorités et du chemin critique, des risques techniques et humains, des investissements à réaliser, des bénéfices attendus. Sur ce dernier point, on notera que lorsqu'un schéma directeur logistique fait apparaître des bénéfices substantiels à obtenir de la mise en œuvre de la nouvelle organisation, tout jour de retard à la mettre en œuvre est une perte. Il est alors tentant de décider de la migration vers la nouvelle structure uniquement en fonction du chemin critique de la mise en place à réaliser.

La tâche essentielle de cette étape est alors de préparer un plan de passage de l'ancienne organisation à la nouvelle avec un planning détaillé et un budget. On ne détaillera pas ici les tâches de mise en place, y compris éventuellement la fermeture ou la transformation profonde de certains établissements. Elles dépendent bien évidemment de la structure cible et de la situation actuelle. Rappelons cependant que le volet social d'un tel projet ne doit pas être sous-estimé avec :

1. « Approche par ciel bleu », c'est-à-dire approche de la résolution d'un problème avec la certitude que l'on va dans le bon sens, mais sans savoir évaluer exactement ce que l'on va gagner.

– son plan de communication,

– son plan de conversion et/ou de licenciement et/ou d'embauche,

– son plan de formation.

À l'issue de cette phase, il conviendra de refaire une évaluation financière globale du projet avec un plan d'investissement, une évaluation des *cash flow* prévisionnels à l'horizon du projet et un bilan prévisionnel des coûts et gains annuels pendant la durée de la mise en place et les premières années de vie de la nouvelle organisation.

Bibliographie

AURIFEILLE J.-M., COLIN J., FABBE-COSTES N., JAFFEUX C. et PACHÉ G., *Management logistique : une approche transversale*, Litec, Paris, 1997.

CHRISTOPHER M. et PECK P., *Marketing logistics : customer service and supply chain strategy*, Butterworth–Heinemann, Oxford, 2nd ed., 2003.

KAPLAN R. et NORTON D., *The balanced scorecard : translating strategy into action*, Harvard Business School Press, Boston, MA, 1996.

MORANA J., Le couplage supply chain management-tableau de bord stratégique : une approche exploratoire, Thèse de doctorat en Sciences de gestion, université de la Méditerranée, Aix-en-Provence, octobre 2002.

MORANA J. PACHÉ G., Quels indicateurs de gestion pour le projet logistique ? Revue Française de Gestion, n° 147, 2003/6, pp. 185-198.

Conclusion

Comme nous l'avions indiqué en introduction, la logistique est le maître mot de cet ouvrage. Nous en avons structuré la seconde partie en faisant référence aux processus relatifs au *Demand Chain Management* et au *Supply Chain Management* mais si un jour nous devions accoler un terme complémentaire au terme logistique et ce, sans le remplacer, nous choisirions certainement le terme de *Value Chain Management*. En effet, l'approche *Value Chain Management* apporte les dimensions stratégique, tactique et opérationnelle tout en prenant en compte les interfaces intra et interentreprises.

Les fondamentaux de la logistique au niveau de ce que nous appelons les théorèmes de la logistique sont plus que jamais d'actualité. En revanche, il ne fait aucun doute que les problématiques dont la logistique fait actuellement l'objet se renforcent. Nous pensons que plus que le juste-à-temps, c'est la juste valeur que la logistique doit s'attacher à générer. Le trade-off entre service, coût, stock et actifs investis est crucial pour assurer une économie optimale des chaînes logistiques. L'augmentation du coût de l'énergie qui connaît des sommets jamais atteints en ce milieu de l'année 2008, la prise de conscience des impacts environnementaux et la réglementation qui en découle ou en découlera à une échéance rapprochée, les évolutions du comportement du consommateur, les concentrations et les spécialisations des entreprises sont autant de facteurs de transformation des chaînes de valeur et donc des chaînes logistiques. Il faut s'attendre à des changements en profondeur et la logistique y a un rôle crucial à jouer.

Notre double conviction c'est qu'il est essentiel d'une part que ces changements soient initialisés alors que les facteurs économiques le permettent sans trop de rupture et que d'autre part, des contraintes associées à des mesures incitatives soient mises en place pour induire la conception et la mise en œuvre des bonnes solutions. Sans contrainte, peu de chance de voir de nouvelles solutions se mettre en place. Beaucoup de ces solutions existent sur le papier. Le véritable enjeu sera de favoriser leur mise en œuvre opérationnelle. Une liberté régulée permettra de lancer les initiatives nécessaires et d'accorder le temps nécessaire pour en tester l'opérationnalisation. C'est dans ce sens qu'il nous paraît essentiel de construire les conditions d'une véritable collaboration et intersection appuyée par une compréhension mutuelle entre pouvoirs publics qu'ils soient centraux ou locaux et acteurs économiques individuels.

Les systèmes économiques suivent le mouvement d'un pendule en oscillation permanente et les solutions suivent. La logistique est complètement intégrée aux économies et constitue un secteur économique à part entière. Après avoir allongé les distances entre les zones de production industrielle et les zones

de consommation, il n’est pas improbable que les acteurs économiques révisent cette stratégie et les organisations des chaînes logistiques qui en découlent. Plus que jamais, la capacité d’innovation, de *reengineering* et de rapidité de mise en œuvre opérationnelle des nouvelles solutions seront des qualités clés de l’ensemble des acteurs économiques qui devront s’adapter de manière agile et dynamique. Ce sont ces qualités que nous avons tenté de vous faire partager et de vous transmettre pour que vous puissiez contribuer aux enjeux futurs.

Sigles et abréviations

ABC	(Méthode)
ABC/ABM	(Méthode) *Activity Based Costing*
ACM	Actions civilo-militaires
ADEPA	Association pour le développement de la productique et de l'automatisation
AFSM	Association française pour le service et son management
AIAG	*Automotive Industry Action Group* (Organisation des États-Unis)
ALLEGRO	Automatisation des liaisons avec le langage d'échange GENCOD
AMDEC	Analyse des modes de défaillance, de leur effets et de leur criticité
ANIA	Association nationale des industries agro-alimentaires
AOG	*Airplane On Ground*
API	Automate programmable industriel
APS	*Advanced Planning System*
ASL	Analyse du soutien logistique (voir LSA)
ASLOG	Association française pour la logistique
B2B	*Business to Business*
B2C	*Business to Consumer*
CACES	Certificat d'aptitude à la conduite en sécurité
CAF	Coût assurance et fret (INCOTERMS, voir CIF)
CALS	*Computer aided Acquisition and Logistic Support* (ou *Continuous Acquisition and Life Cycle Support*)
CEFACT	Center for Trade Facilitation and Electronic Business
CEN	Comité européen de normalisation
CFR	*Cost and Freight* (Coût et Fret, INCOTERMS)
CGM	*Computer Graphics Metafile* (norme ISO)
CGP	Coût global de possession
CID	Code interne distributeur
CIDX	*Chemical Industry Data Exchange*
CIF	Code interne fabricant
CIF	*Cost, Insurance and Freight* (INCOTERMS, voir CAF)

CIGE Certificat international de garantie d'emballage
CIMIC *Civil Military Cooperation* (OTAN)
CIP *Carriage and Insurance Paid to* (INCOTERMS, Transports et assurances payés jusqu'à)
CMI *Co-Managed Inventory* (voir GPA)
CNR Comité national routier
CNUD Code national unifié distributeur
CNUF Code national unifié fournisseur
CPFR *Collaborative Planning Forecasting Replenishment*
CPT *Carriage Paid To* (INCOTERMS, Port payé jusqu'à)
CRM *Customer Relationship Management*
CRP *Continuous Replenishment Program* (offre d'IBM pour l'ECR)
CU Charge Utile
DAF *Delivered At Fronteer* (INCOTERMS, Délivré à la frontière)
DBR (Méthode) *Drum Buffer Rope*
DDP *Delivery Duty Paid* (INCOTERMS, Rendu droits acquittés)
DDU *Delivered Duty Unpaid* (INCOTERMS, Rendu droits non acquittés)
DEIS Déchets résultant de l'abandon des emballages
DELFOR *Delivery forecast* – Plan d'approvisionnement
DEQ *Delivery Ex Quay, duty paid* (INCOTERMS, Rendu à quai, droits acquittés)
DES *Delivery Ex Ship* (INCOTERMS, Rendu sur navire jusqu'au port de destination)
DESADV *Despatch Advice* – Avis d'expédition
DFA *Design For Assembly*
DFM *Design For Manufacturing*
DFMA *Design For Manufacturing and Assembly*
DFSCM *Design For Supply Chain Management*
DGA Direction générale de l'Armement (du ministère de la Défense)
DGI Direction générale des Impôts
DIB Déchets industriels banals
DIS Déchets industriels spéciaux
DLC Date limite de consommation
DRP *Distribution Resource Planning* ou *Distribution Requirement Planning*
EAM Écart absolu moyen (voir MAD)
EAN *European Articles Number*
ECR *Efficient Consumer Response*

EDI	Échange de données informatisées
EDIFACT	Édition des factures
EDLP	*Every Day Low Price*
ELA	*European Logistics Association*
EPC	*Electronic Product Code*, système de codification pour les étiquettes RFID
EPOS	*Electronic Point of Sales*
ERP	*Enterprise Resources Planning*
EUCIG	*European CALS Industrial Group*
EXW	*Ex Works* (INCOTERMS, sortie d'usine)
FAS	*Free Along Ship* (INCOTERMS, franco le long du navire)
FCA	*Free Carrier at named point* (INCOTERMS, franco transporteur)
FCD	Fédération du commerce et de la distribution
FFT	Fast Fourier Transformation – Transformées de Fourier rapides
FIFO	*First In First Out*
FMDS	Fiabilité, maintenabilité, disponibilité, sûreté de fonctionnement
FMECA	*Failures Modes Effects and Critically Analysis* (voir AMDEC)
FOB	*Free On Board* (INCOTERMS, franco à bord)
FPL	*Fourth Party Logistics* (4PL)
GALIA	Groupement pour l'amélioration des liaisons dans l'automobile
GED	Gestion électronique de documents
GENCOD	Groupement d'études de normalisation et de codification
GENDI	Groupement d'études de normalisation des distributeurs
GENFA	Groupement d'études de normalisation des fabricants
GIFEC	Groupe industriel français pour l'étude de la commercialisation
GMAO	Gestion de maintenance assistée par ordinateur
GMS	Grandes et moyennes surfaces
GPA	Gestion partagée des approvisionnements
GPAO	Gestion de production assistée par ordinateur
GTF	*Group of Terrestrial Freight forwarders*
GTIN	*Global Trade Item Number*
ICPE	Installations classées pour la protection de l'environnement
ICS	Intégration de la conception et du soutien
IED	*Interactive Electronic Documentation* (voir aussi IETM)
IETM	*Interactive Electronic Technical Manual*
IGES	*Initial Graphics Exchange Specification* (norme du DoD)
ILS	*Integrated Logistic System* – Système logistique intégré (voir SLI)

INCOTERMS	International Commercial Terms – Conditions internationales de ventes
INRS	Institut national de recherche et de sécurité
INVOIC	*Invoice* – Facture
IPPC	*Integrated Pollution Prevention and Control*, directive internationale sur l'environnement
ISDF	Institut de sûreté de fonctionnement
ISO	*International Standards Organization*
ITE	Installation terminale embranchée
ITIGG	*International Transport Implementation Guidelines Group*
IVO	*Immobilized Vehicule Order*
JAT	Juste-à-temps (voir JIT)
JIT	*Just In Time* – juste-à-temps (voir JAT)
LCC	*Life Cycle Cost* – Coût de cycle de vie
LD	*United Load Devices* (palettes aéronautiques)
LIFO	*Last In First Out*
LORA	*Level Of Repair Analysis*
LOTI	Loi d'orientation sur les transports intérieurs
LSA	*Logistic Support Analysis* – Analyse du Soutien Logistique
LSAR	*Logistic Support Analysis Record* – Enregistrement de l'analyse du soutien logistique
LTL	*Less than Truck Load*
MAD	*Medium Absolute Deviation* (voir EAM)
MBF	(Méthode) Maintenance basée sur la fiabilité
MCI	Méthodologie de conception intégrée
MCO	Maintien en Condition Opérationnelle
MDD	Marque de distribution
MPC	(Méthode) Management par les contraintes
MPS	*Master Plan Schedule*
MRP	*Manufacturing Resources Planning*, ex *Materials Requirement Planning*
MTBF	*Mean Time Between Failure* – Moyenne des temps de bon fonctionnement
MTBCF	*Mean Time Between Critical Failure*
MTM	Mesure des temps et mouvements
MTTR	*Mean Time To Repair* – Moyenne des temps techniques de réparation
MVS	*Multi Vendor Service*
NCS	Niveau de couverture de stock

NFF	*No Fault Found* (voir RAS)
NTF	Nouvelles Technologies de la Formation
NTI	Niveau technique d'intervention
NTIC	Nouvelles technologies de l'information et de la communication
OASIS	Organization for the Advancement of Structured Information
ONG	Organisations non gouvernementales
OPT	*Optimized Production Technology*
OTED	*One Touch Exchange Die*
PC	Point de Commande
PDP	Plan directeur de production
PDV	Point de vente
PGC	Produit de grande consommation
PGP	Profit global de possession
PHF	Produits hors fabrication
PHU	Produits hors d'usage
PID	Proportionnel intégral et différentiel
PIF	Parc industriel fournisseurs
PLV	Publicité sur les lieux de vente
PMA	*Part Manufacturer Approval*
POS	*Point of Sales*
PRICAT	*Price Catalog* – Catalogue des articles
PTAC	Poids total autorisé en charge
PTRA	Poids total roulant autorisé
PUMP	Prix unitaire moyen pondéré
PVR	*Purchase Versus Redistribution Analysis* – Analyse comparative de l'achat et du transfert
QFD	*Quality Function Deployment*
QR	*Quick Response*
RAO	Routage assisté par ordinateur
RCM	*Reliability Centred Maintenance*
RDF	Recueil de données de fiabilité
RDH	*Reliability Data Handbook* – Manuel de données de fiabilité
RFF	Réseau ferré de France
RFID	*Radio Frequency IDentification*, identification des produits et des emballages par étiquettes à radio-fréquence
RL	*Reverse Logistics*
RMA	*Revolution in Military Affairs*
ROI	*Return On Investment* – Durée du retour sur l'investissement

Ro-ro	*Roll-on roll-off*, navire de transport de véhicules
RTEF	Réseau transeuropéen de fret ferroviaire
RTT	Réduction du Temps de Travail
RVA	Réseau à valeur ajoutée
RWoH	*Reliability Without Hermiticity* – Recherches sur la fiabilisation des cartes électroniques
SAV	Service après vente
SCC	*Supply Chain Council* (voir SCOR)
SCM	*Supply Chain Management*
SCOR	*Supply Chain Operations Reference model*
SCR	*Supplier Retailer Cooperation*
SGML	*Standard Generalized Mark Up Language* (norme ISO)
SIE	Syndicat des emballages industriels
SIMMA	Syndicat des industries de matériel de manutention
SMED	*Single Minute Exchange Die*
SLI	Système logistique intégré (voir ILS)
SOLE	*Society Of Logistic Engineers*
SPC	*Statistical Process Control*
SRT	Services Rentrées terminaux
SS	Stock de sécurité
SSCC	*Serial Shipping Container Code*
TGAP	Taxe générale sur les activités polluantes
TIPP	Taxe intérieure de consommation sur les produits pétroliers
TL	*Truck Load*
TMAO	Techniques de maintenance assistée par ordinateur
TOC	(Méthode) *Theory Of Constraints*
TPL	*Third Party Logistics* (3PL)
TPM	*Total Productive Maintenance* ou *Total Productive Management* – Management productif total
TPM	*Third Part Maintenance*
TPV	Terminaux points de vente
TRG	Taux de rendement global d’une machine (ratio de la TPM parfois aussi appelé TRS)
TRM	Transport routier de marchandises
TRO	Tarification routière obligatoire
TRR	Tarification routière de référence
TRS	Taux de rendement synthétique d’une machine (ratio de la TPM parfois aussi appelé TRG)

TQC *Total Quality Control* – Contrôle de la qualité totale
UC Unité consommateur
UCC *Uniform Code Council*
UL Unité logistique
UPC *Universal Product Code*
VAD Vente à distance
VAG Véhicule autoguidé (AGV en anglais)
VHU Véhicules hors d'usage
VICS *Volontaries for Industrial Communication Standards*
VMI *Vendor Managed Inventory* (voir GPA)
VMR *Vendor Managed Replenishment*
VOI Vendor Owned Inventory
XML *Extended Markup Language*
ZLT Zone logistique de théâtre

Index des sujets

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

Index des auteurs

Index des sociétés et marques

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

X

Y

Z

TECHNIQUE ET INGÉNIERIE

Série Gestion industrielle

GESTION INDUSTRIELLE

CONCEPTION

FROID ET GÉNIE CLIMATIQUE

MÉCANIQUE ET MATÉRIAUX

CHIMIE

ENVIRONNEMENT ET SÉCURITÉ

EEA

AGROALIMENTAIRE

Yves Pimor • Michel Fender

LOGISTIQUE

Production • Distribution • Soutien

5e édition

Référence incontournable, cet ouvrage offre une synthèse opérationnelle complète sur la logistique, en donnant toutes les clés pour :

- concevoir et mettre en œuvre une **stratégie logistique** adaptée aux enjeux actuels de la *supply chain* ;
- piloter les **flux et les stocks**, en production et en distribution ;
- concevoir et gérer des entrepôts ;
- mettre en œuvre une **politique de transport** ;
- organiser la **logistique de soutien** ;
- maîtriser les outils informatiques utilisés en logistique.

Plus qu'une simple mise à jour, cette **cinquième édition** propose un équilibre plus marqué entre prise en compte des connaissances académiques et des pratiques des entreprises, entre maîtrise des solutions techniques et vision stratégique de la logistique, entre acteurs et fonctions amont et aval.

Cet ouvrage constitue un outil de travail indispensable pour les responsables et praticiens de la logistique, les consultants ainsi que les étudiants et élèves-ingénieurs du domaine.

« Soyons clair : ce livre est un des meilleurs documents qui existe en français sur le sujet. Un véritable outil de travail qui doit absolument figurer dans la bibliothèque de tout bon logisticien qui se respecte. »

Stratégie logistique

YVES PIMOR

Ancien directeur de la stratégie et des études logistiques à France Télécom, l'auteur intervient en conseil auprès de grandes entreprises dans le domaine de la logistique. Docteur en automatismes de l'Université de Nancy I, il enseigne la logistique dans plusieurs universités et a écrit plusieurs ouvrages de management industriel.

MICHEL FENDER

Professeur à l'école des Ponts, il est également président du Département Génie Industriel et Co-Directeur du Mastère Management des Systèmes Industriels. Il est par ailleurs associé du cabinet Newton Vaureal Consulting.

L'USINENOUVELLE



ISBN 978-2-10-053561-3

www.dunod.com